



**FILIPE ABREU
CARRIÇO**

**Desenvolvimento de componentes de bicicleta em
contexto industrial**



**FILIPE ABREU
CARRIÇO**

**Desenvolvimento de componentes de bicicleta em
contexto industrial**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Relvas, professor auxiliar do Departamento de Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Professor Mestre Emanuel Oliveira, assistente convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

“A verdadeira diferença entre a construção e a criação é esta: uma coisa construída só pode ser amada depois de construída, mas uma coisa criada ama-se mesmo antes de existir.”

Dickens, Charles

o júri

presidente

Prof. Doutor João Alexandre Dias de Oliveira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor Ricardo Nuno de Oliveira Bastos Torcato
Professor Adjunto da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor João Nunes Sampaio
Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Aveiro

orientador

Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de uma forma direta ou indireta contribuíram para o meu sucesso na conclusão desta etapa da minha vida. A todos eles expresso a minha imensa gratidão.

Em primeiro lugar ao Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas e ao Professor Mestre Emanuel Filipe Cunha Oliveira, pela orientação ao longo de todo este projeto, rigor, empenho e dedicação, pelo vasto conhecimento transmitido, pela constante motivação e pelas ideias sugeridas. Foi um prazer trabalhar com esta excelente equipa de orientação.

Aos meus pais e família pelo total apoio e força que me deram desde sempre e que foi crucial para alcançar mais este desafio que foi a conclusão do curso. Aos meus amigos de longa data e aos que fui conhecendo ao longo do curso. E claro, à minha namorada, pela motivação, dedicação, amizade e companheirismo partilhados.

À Empresa Miranda & Irmão por me receber de braços abertos, e por todo o apoio e ensinamento providenciados.

palavras-chave

Componentes de bicicleta, bicicleta, indústria nacional, Miranda e Irmão, desenvolvimento de produto.

resumo

A bicicleta surgiu há cerca de 200 anos como uma nova opção de mobilidade urbana, mas apenas passados 80 anos, o seu uso se tornou mais generalizado. Desde então, a sua utilização em ambientes variados e com diferentes finalidades, determinou o desenvolvimento de especificidades na sua conceção.

Este documento é uma sinopse das atividades desenvolvidas e conhecimentos adquiridos ao longo do estágio na empresa Miranda & Irmão Lda. e surge em forma de relatório de projeto.

A Miranda & Irmão Lda. produz diferentes componentes para bicicletas, desde conjuntos de manivelas dos pedais, rodas dentadas e proteções das mesmas, até travões e postes de selim. A empresa apresenta atualmente um grande crescimento, com um grande volume de encomendas.

O desenvolvimento de um projeto difere do ambiente onde se insere: em ambiente fabril o conhecimento pré-existente coloca uma série de restrições que conduzem a um produto final adaptado às necessidades da empresa; em ambiente académico a criatividade do projetista é potenciada, não havendo quaisquer restrições, a não ser as impostas por si mesmo e pelo próprio produto.

Assim, os dois primeiros projetos, desenvolvidos em ambiente fabril, consistiram no desenvolvimento de um guia de corrente seguindo algumas indicações por parte da empresa e no redesign de um poste de selim.

O terceiro, e principal projeto, foi uma autoproposta que consistiu no desenvolvimento de um quadro de bicicleta para ser produzido através de impressão 3D.

Em todos os projetos foi utilizada uma metodologia de trabalho em que o design e a engenharia se complementaram de forma a obter peças mecanicamente funcionais e esteticamente apelativas.

keywords

Cycling components, bicycle, national industry, Miranda e Irmão, product development.

abstract

The bicycle came about 200 years ago, as a new option for urban mobility, but only 80 years later, its use has become more widespread. Since then, its use in varied environments and for different purposes, has determined the development of specificities in its design.

This document is a synopsis of the activities developed and knowledge acquired during the internship at Miranda & Irmão Lda. And is presented in the form of a project report.

Miranda & Irmão Lda. manufactures different components for bicycles, from pedal crankset, sprockets and protections, to brakes and saddle poles. The company currently has a large growth, with a large volume of orders.

The development of a project differs from the environment in which it is inserted: in an industrial environment, pre-existing knowledge poses a series of restrictions that lead to a final product adapted to the needs of the company; In an academic environment, the creativity of the designer is enhanced, without any restrictions, except those imposed by himself and by the product.

Thus, the first two projects, developed in an industrial environment, consisted in the development of a chain guide following some indications on the part of the company and in the redesign of a post of saddle.

The third, and main project, was an autoproposal that consisted of the development of a bicycle frame to be produced through 3D printing.

In all the projects a work methodology was used in which the design and the engineering were complemented to obtain pieces mechanically functional and aesthetically appealing.

1 Índice

2	INTRODUÇÃO	1
2.1	Contextualização	2
2.2	Estágio na empresa Miranda & Irmão Lda	3
2.2.1	História da empresa	3
2.2.2	Gama atual de produtos	4
2.2.3	Empresas distribuidoras / parceiras	5
2.2.4	Tecnologias que a empresa dispõe	6
2.2.5	Potenciais visões do futuro	7
2.3	Contextualização do projeto autoproposto	8
2.4	Objetivos	9
2.5	Metodologia	10
2.6	Estrutura do documento	11
3	DESENVOLVIMENTO EM CONTEXTO INDUSTRIAL	13
3.1	Projeto- Guia de corrente	14
3.1.1	Contextualização	14
3.1.2	Constrangimentos / Project Brief	15
3.1.3	Restrições e pressupostos – Pesquisa	16
3.1.4	Reclamações dos clientes	22
3.1.5	Análise Direta	24
3.1.6	Benchmarking	26
3.1.7	QFD	27
3.1.8	Novo guia de corrente - conceitos	30
3.1.9	FMEA	31
3.1.10	Definição geométrica e Modelação 3D	32
3.1.11	Escolha e seleção de materiais para os componentes	35
3.1.12	Testes de resistência	38
3.1.13	Finalização	42
3.1.14	Conclusões	43
3.2	Projeto– Poste de selim	44
3.2.1	Contextualização	44
3.2.2	Constrangimentos / Project Brief	44
3.2.3	Restrições e pressupostos	45
3.2.4	Reclamações dos clientes	49
3.2.5	FMEA	54
3.2.6	Redesign do poste de selim - Desenvolvimento conceptual	55
3.2.7	Definição geométrica, Modelação 3D e testes FEA	56
3.2.8	Finalização	58
3.2.9	Conclusões	60

4	PROJETO AUTOPROPOSTO - PROJETO DO QUADRO	61
4.1	Contextualização	62
4.2	Estado Da Arte Da Bicicleta Customizada	62
4.3	A Impressão 3D	64
4.3.1	Tipologias de Impressão 3D	65
4.4	Desenvolvimento do projeto	66
4.4.1	Constrangimentos / <i>Project Brief</i>	66
4.4.2	Casos de estudo	67
4.4.3	Mercado Alvo	70
4.4.4	Restrições e pressupostos – Pesquisa	70
4.4.5	Conceito de um quadro de bicicleta “por medida”	72
4.4.6	Stakeholders	77
4.4.7	Benchmarking do quadro de bicicleta	78
4.4.8	Recolha de necessidades	80
4.4.9	Árvore das necessidades	81
4.4.10	Modelo de Kano	82
4.4.11	QFD	84
4.4.12	Matriz do produto	87
4.4.13	Análise Morfológica	89
4.5	Conceitos	91
4.5.1	Seleção de conceitos	97
4.5.2	Arquitetura do produto	98
4.5.3	Proposta conceptual	99
4.6	Projeto de detalhe	100
4.6.1	<i>Design</i> de sistemas	100
4.6.2	Dimensões gerais	104
4.6.3	Componentes normalizados	105
4.6.4	Processos e materiais de fabrico	107
4.7	Análise de Elementos Finitos (FEA)	109
4.8	Apresentação do produto	115
4.9	Conclusão	117
5	CONCLUSÕES	120
5.1	Considerações finais	121
5.2	Trabalhos futuros	122
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	ANEXOS	132

Figura 1 - História da empresa Miranda & Irmão LDA.	3
Figura 2 - Portefólio de produtos da empresa Miranda & Irmão.	4
Figura 3 - Esquema da empresa Miranda (imagem retirada do google maps).....	6
Figura 4 – Impressora 3D Object30 (Muñoz, 2014)	6
Figura 5 – Métodos standard de fixação de guias ao quadro da bicicleta. (Mountain Racing Products, 2015)	16
Figura 6 – Associação dos tipos de terrenos às modalidades.(Mountain Racing Products, 2015)	17
Figura 7 – Enduro (Marti, 2015)	17
Figura 8 - Downhill (Landry, 2013)	18
Figura 9 – Esquema de propulsão da bicicleta.(GPS, 2016)	18
Figura 10 - Esquema representativo das desmultiplicações de uma bicicleta(GPS, 2016).....	19
Figura 11 – Exemplo de guia ajustado através de anilhas.(McGlinchey, 2014)	19
Figura 12 – Exemplo de taco com diferentes encaixes.(Levy, 2015)	20
Figura 13 – Guia de encaixe rápido.(OneUp Components, 2015).....	20
Figura 14-Exemplo de um taco em utilização. (Laws, 2016).....	21
Figura 15 – Exemplo de um guia de retenção.(Pham, 2012)	21
Figura 16 - Alinhamento da corrente (Hive, 2012)	22
Figura 17 – Exemplo de acumulação de detritos no guia. (DirtyMike, 2008)	23
Figura 18 – Falhas habituais dos parafusos. (Duque, 2013).....	24
Figura 19 – Guia MRP G-4 da concorrência.	24
Figura 20 – Análise da zona de falha, topo do guia torcido para a direita.	25
Figura 21-Taco danificado.	26
Figura 22 – Conceitos 1, 2 e 3.	30
Figura 23 - Conceito Final.....	30

Figura 24 –Afastamento do guia em relação à corrente.....	32
Figura 25 – Modelação inicial do guia de corrente.....	33
Figura 26 – Modelação final, vista de frente.....	33
Figura 27 – Modelação final, vista traseira.	34
Figura 28 – Modelo 3D de meio guia e teste de resistência ao mesmo.	39
Figura 29 – Modelo 3D da placa de suporte e teste de resistência à mesma.	40
Figura 30 – Modelo 3D do taco e teste de resistência ao mesmo.....	41
Figura 31 - Produto em ambiente de utilização, editado de (Ashelford, 2012)	42
Figura 32 - Clickpost®	45
Figura 33 - Esquema de funcionamento do Clickpost®	46
Figura 34 - Instalação de um poste de selim.....	48
Figura 35 - Diferentes tipos de mecanismos de ajuste do selim.....	51
Figura 36 - Margem de regulação do ângulo do selim, editado de: (Caliari e Godi, 2015)	53
Figura 37 - Exemplo de mau design na agarra superior no sistema de montagem do selim. ...	53
Figura 38 - Sketches iniciais.....	55
Figura 39 - Testes FEA à agarra inferior.	56
Figura 40 - Testes FEA à agarra superior.....	57
Figura 41 - Render das vistas do produto.	58
Figura 42 - Comparação entre o antigo produto e o produto desenvolvido.	59
Figura 43 - Produto em ambiente de utilização, editado de: (Nicholas, 2016)	59
Figura 44 – Alex Singer Randonneur (Cycleexif, 2011)	63
Figura 45 – Bicicleta MUDE, por Noca Ramos (Malta, 2013)	64
Figura 46 – componentes de um Quadro de bicicleta impresso em 3D (Waterman, 2014)	67
Figura 47 - Exemplo de otimização topológica (Basiliere, 2014)	68
Figura 48 – Quadro protótipo Colorfabb XT-CF20 (Schurmann, 2015).....	69

Figura 49 - Esquema das dimensões do quadro (Canyon, 2017)	72
Figura 50 - Postura característica do ciclismo de estrada (Dreyfuss, 1966)	73
Figura 51 - Gráfico do modelo de Kano (Eriksson, 2013).	82
Figura 52 - Diferentes encaixes num quadro por partes	93
Figura 53 - Componentes do produto	98
Figura 54 - Vista lateral, explodida e perspetiva.....	99
Figura 55 - Esquema do encaixe entre o tubo superior e o encaixe do guiador.	100
Figura 56 - Esquema do encaixe entre o tubo inferior e o encaixe do guiador.	101
Figura 57 - Esquema do encaixe entre o tubo superior e o encaixe do selim.	101
Figura 58 - Esquema do encaixe entre os tubos traseiros superiores e o encaixe do selim....	102
Figura 59 - Esquema do encaixe entre o tubo inferior e o encaixe da pedaleira.	103
Figura 60 - Esquema do encaixe entre os tubos traseiros inferiores e o tubo do poste de selim ao encaixe da pedaleira.	103
Figura 61 - Esquema do encaixe entre o tubo traseiro inferior e do tubo traseiro superior ao dropout.	104
Figura 62 - Esquemas de interação utilizador / produto.	105
Figura 63 - Processo de impressão 3D, FDM (Fused Deposition Modeling) (og3dprinting, 2017).	107
Figura 64 – Ensaio 1 referente aquando o ciclista se encontra sentado (esquerda); Ensaio 2 referente ao ciclista levantado a exercer força sobre o pedal direito (direita)	109
Figura 65 - Quadros de referência, ColourFabb (direita) e o quadro Peugeot PY10 (esquerda)	110
Figura 66 - Gráfico FEA do deslocamento máximo do primeiro teste ao quadro de filamento Carbon CFF	112
Figura 67 - Gráfico FEA da tensão de von Mises máxima do primeiro teste ao quadro de filamento Carbon CFF.....	112
Figura 68 - Gráfico FEA do deslocamento máximo do segundo teste ao quadro de filamento Carbon CFF	113

Figura 69 - Gráfico FEA da tensão de von Mises máxima do segundo teste ao quadro de filamento Carbon CFF.....	114
Figura 70 - Modelo preto básico	115
Figura 71 - Possíveis cores a aplicar	115
Figura 72 - Utilização em ambiente natural.....	116
Figura 73 - Utilização em ambiente urbano.....	116

2 Introdução

2.1 Contextualização

A oportunidade de realizar um estágio profissional durante a dissertação foi sugerida pela Miranda e Irmão Lda. durante o primeiro estágio realizado no decorrer da licenciatura. Após novo contacto, foi realizada uma reunião entre empresa e os orientadores para definir os objetivos e delinear as tarefas a concretizar que consistiram em:

- Análise de mercado
- Desenvolvimento conceptual
- Desenvolvimento de sistemas e soluções construtivas
- Prototipagem rápida
- Fabrico e construção

O estágio teve início no dia 12 de setembro de 2016, com a duração de 9 meses, tendo-se concluído no dia 9 de junho de 2017.

Durante este período tive a oportunidade de interagir com os diferentes responsáveis dos vários sectores da empresa, e desta interação resultou uma grande partilha de conhecimentos.

Estive presente nos processos evolutivos dos diferentes projetos, quer por mim desenvolvidos, quer por alguns colegas do setor, o que permitiu a perceção e resolução de alguns problemas assim como aquisição de *know-how* relativo a este tema.

A minha intervenção abrangeu a presença nos vários estádios de evolução da conceção de diferentes processos, ora realizados por outros membros do setor de desenvolvimento, ora pelos próprios projetos realizados no âmbito desta investigação, permitindo a compreensão, perceção e resolução de alguns problemas, culminando na aquisição de um conhecimento mais profundo e especializado sobre o desenvolvimento e fabrico de componentes para bicicletas.

2.2 Estágio na empresa Miranda & Irmão Lda.

2.2.1 História da empresa

A Miranda & Irmão é uma referência portuguesa no setor dos componentes de bicicleta de alta gama, principalmente crencos e cranksets.

A empresa está situada em Águeda, e possui cerca de 160 colaboradores.

Em seguida, encontra-se um esquemapresente na Figura (1), que representa resumidamente a história e o crescimento da empresa, desde um pequeno negócio individual, até ao ponto atual, onde a empresa é fornecedora das melhores marcas europeias de bicicletas.



Figura 1 - História da empresa Miranda & Irmão LDA.

2.2.2 Gama atual de produtos

A Miranda & Irmão Lda. produz diferentes componentes, como os apresentados na Figura (2), desde conjuntos das manivelas dos pedais, rodas dentadas e proteções das mesmas, travões e postes de selim, sendo que a maior parte do negócio está nos conjuntos de pedaleiras, possuindo já, alguns prémios atribuídos pela Red Dot Awards¹.



Figura 2 - Portefólio de produtos da empresa Miranda& Irmão.

¹ Red Dot Awards – É uma competição internacional de *Design*, que pretende premiar todos aqueles que distinguem as suas atividades empresariais através do *Design*.

2.2.3 Empresas distribuidoras / parceiras

A maior cota das vendas da Empresa Miranda & Irmão, realiza-se através de exportação, tendo os seguintes parceiros distribuidores apresentados na Tabela (1).

Tabela 1 - Empresas distribuidoras / parceiras

BELGIUM	Roland Vervaeet bvba Klisenstraat 14 9160 Lokeren Phone: +32 9 349 38 36 E-mail: info@bikes-parts.be Website: www.olympia-bikes.be/
CZECH REPUBLIC	Jan Mancal U Vany 124 CZ-281 23 Stary Kolin Tel/Fax: +420 (0) 321764184 E-mail: jmancal@iol.cz
GERMANY	Hermann Hartje KG Deichstr. 120-122 27318 Hoya Tel.: +49 4251 811-0 Fax: +49 42 51 / 8 11 – 159 E-mail: info@hartje.de Website: www.hartje.de
NETHERLANDS	Cyclia bv Helicopterstraat 17 1059 CE Amsterdam Phone: +31 020 6692936 Fax: +31 020 6154589
POLAND	ItalBike ul. Wyczółki 96/98 02820 Warsaw Phone: +48 22 643 7673 Fax: +48 22 8166320 E-mail: italbike@qdnet.pl Website: www.italbike.pl
U.K.	Dillglove Limited Unit 16 Gracechurch Centre Sutton Coldfield West Midlands, B72 1PH Tel: 0121 354 4127 Fax: 0121 355 5784 E-mail: info@dillglove.co.uk Website: www.dillglove.co.uk
WORLD WIDE – MAGURA	DISTRIBUTORS / SERVICE PARTNERS Website: www.magura.com E-mail: info@magura.com

2.2.4 Tecnologias que a empresa dispõe

A empresa é especializada no fabrico de componentes em metal, principalmente na área da forjagem, estampagem, maquinagem e injeção. Na Figura (3)apresenta-se um esquema representativo das tecnologias existentes e sua localização na empresa.

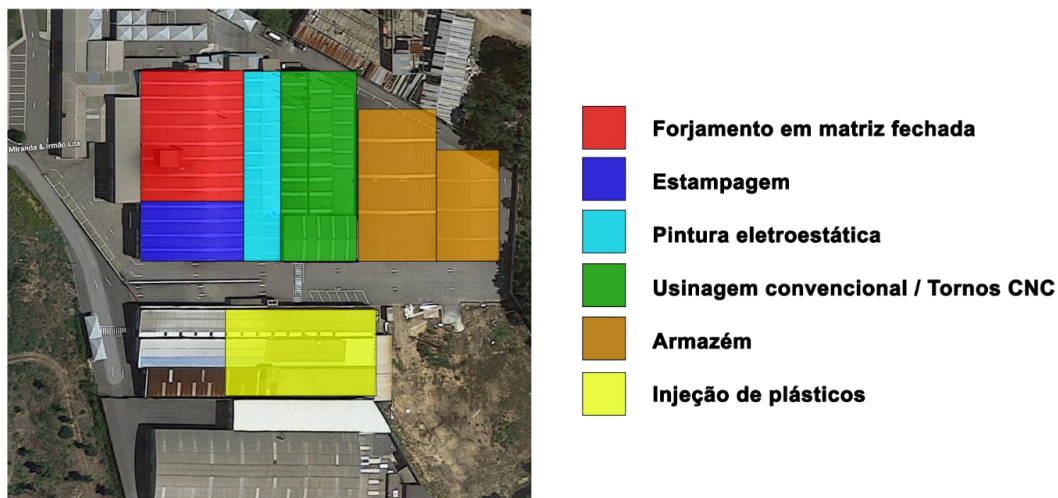


Figura 3 - Esquema da empresa Miranda (*imagem retirada do google maps*)

A empresa possui também os equipamentos de impressão gráfica para colocar nos componentes. Possui, no gabinete de desenvolvimento, uma impressora 3D Object30(Figura 4), só para o desenvolvimento de protótipos.



Figura 4—Impressora 3D Object30 (Muñoz, 2014)

2.2.5 Potenciais visões do futuro

A empresa Miranda & Irmão encontra-se em franco crescimento, apresentando um grande volume de encomendas. Toda a produção é comercializada sendo a procura elevada e a resposta a cada um dos seus clientes imediata.

A empresa está a construir dois novos pavilhões de forma a possibilitar o aumento da sua produção e o armazenamento de stock dos seus produtos.

A Miranda & Irmão está igualmente a desenvolver novos projetos e a criar parcerias com outras empresas. Destas parcerias resultam mútuos benefícios, existindo por parte da empresa interesse em manter e fomentar estas práticas, de forma a evoluir cada vez mais no mercado nacional e internacional.

De momento, a venda dos seus produtos é praticamente exclusiva para o estrangeiro, mas, a médio prazo, espera-se que as vendas a nível nacional aumentem significativamente.

2.3 Contextualização do projeto autoproposto

Portugal, é um país com 10 460 000 habitantes, onde cerca de 30% das famílias possuem uma bicicleta.(Ferreira, 2014)

Atualmente em Portugal existem 1 787 quilómetros de ciclovias e outros tipos de vias para bicicletas, um número que terá tendência a aumentar. (*CICLOVIA - Site das Ciclovias, Ecovias e Ecopistas em Portugal*, 2017). Com todas estas potencialidades, e no sentido de não poluir o meio ambiente, o nosso país tem todo o interesse em apostar neste mercado.

O distrito de Aveiro é o local onde a utilização da bicicleta é mais regular.(Caetano, 2015) A existência da BUGA (Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro), faz com que a cidade crie cada vez mais condições para que os utilizadores circulem pela mesma.(Lovers, 2013)

A indústria aveirense cresceu com o aumento das vendas de bicicletas cerca de 30%. É de destacar que, tanto o distrito de Aveiro como o distrito de Viseu, são ambos ricos nesta indústria, salientando deste modo o que o representante da Orbea em Portugal, Natalino Faria, afirmou: “A cidade de Aveiro é, também, uma boa opção para a construção da nova fábrica, porque irá permitir um envio de contentores mais fácil e com custos menos elevados, devido à sua localização na Europa e à pequena distância a que está do porto de Leixões”.(Ferreira, 2015)

A Universidade de Aveiro, para além de possuir um Campus preparado para a utilização de bicicletas, lançou no início de 2016 o “COMPROMISSO PELA BICICLETA”, e uma PLATAFORMA TECNOLÓGICA DA BICICLETA E DA MOBILIDADE SUAVE, que têm por objetivo fomentar alguns princípios, tais como: aumentar o uso da bicicleta, aumentar a produção de bicicletas, reduzir tráfego automóvel, reduzir a sinistralidade, promover um estilo de vida saudável, reduzir as emissões de CO₂, entre outros (Gomes, 2016).

2.4 Objetivos

Considerando a particularidade de uma parte deste trabalho ter sido desenvolvido em contexto industrial e a outra em contexto académico, os objetivos foram assim divididos segundo estes dois paradigmas.

Em contexto industrial, o principal objetivo passou pela análise, implementação e validação das metodologias de projeto no desenvolvimento de componentes para bicicletas. Os componentes escolhidos foram: um guia de corrente, um poste de selim (redesign) e um quadro de bicicleta (autoproposta para possível futura expansão de produtos do mercado da empresa).

O projeto de um novo guia de corrente foi desenvolvido com a intenção de substituir um guia que falhou na sua função, e foi realizado seguindo as indicações da empresa em relação ao mesmo.

O objetivo do redesign do poste de selim passou por analisar o atual e quais as falhas que conduziram ao seu insucesso e desenvolver uma nova proposta que resolvesse essas mesmas falhas.

O objetivo do projeto autoproposto foi o desenvolvimento de um quadro de bicicleta, utilizando a tecnologia de fabrico aditivo, aproveitando o atual crescimento desta tecnologia de fabrico na exploração de novas aplicações. Este projeto visou também uma proposta futura para ampliar o portefólio da empresa.

2.5 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento da dissertação deriva de uma combinação de ferramentas, quer da área da Engenharia quer da área do *Design*, que, em sintonia, serão essenciais na elaboração dos diferentes projetos propostos. Esta tipologia de desenvolvimento de produto é inspirada no livro “*Product Design and Development*” por Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger.

Os projetos iniciam-se com uma fase contextual, apresentando a importância e pertinência dos mesmos. Em seguida, são analisados os mercados da concorrência e é feita uma análise a problemas e reclamações, quer de produtos da concorrência, quer de antigos produtos da empresa, caso existam. Esta análise vai permitir a recolha de necessidades que irão ser úteis na definição das características do produto que se pretende desenvolver.

Através da aplicação de ferramentas como o QFD e o modelo de Kano, priorizam-se os requisitos e organizam-se as necessidades do produto.

Com base em toda a informação recolhida anteriormente, inicia-se a fase de desenvolvimento conceptual, através de *sketches*, onde se vão determinando formas, funções, manuseamento e os componentes dos produtos.

Na fase seguinte, através de ferramentas de modelação CAD, realizam-se protótipos virtuais, onde se pode verificar com mais detalhe, as soluções construtivas para o produto, assim como definir o seu material, processos, dimensões, sendo estes verificados através de métodos FEA (Finite Element Analysis).

Termina-se com uma apresentação final do produto, ou desenvolvimento futuro, de cada um dos projetos.

2.6 Estrutura do documento

O documento possui cinco capítulos principais:

O primeiro é relativo à introdução da dissertação, fazendo uma contextualização aos projetos desenvolvidos. Apresenta-se a informação relativa à entidade acolhedora do estágio, a sua história, gama de produtos, empresas parceiras, tecnologias disponíveis e a visão da empresa.

O segundo capítulo apresenta o desenvolvimento dos projetos em contexto industrial, sendo este subdividido pelos dois projetos de estágio, o guia de bicicleta e o poste de selim. Estes projetos possuem uma estrutura semelhante começando com a sua contextualização e apresentação do *Project Brief*. Em seguida realizou-se uma fase de pesquisa. Posteriormente à análise de mercado e à pesquisa, efetuou-se o tratamento da informação recolhida.

No projeto relativo ao guia de corrente, a ferramenta de análise da informação utilizada foi o QFD, e em seguida criaram-se os conceitos. Após uma breve seleção dos conceitos criados, é apresentada a FMEA, seguida da definição geométrica e modelação 3D. Após a escolha dos materiais, são feitos os testes de resistência, e por fim são apresentados renders finais assim como as conclusões do projeto.

O projeto do redesenho do poste de selim depois da recolha da informação apresenta desde logo a FMEA, e de seguida a proposta conceptual do mesmo. Do conceito passa-se para a definição geométrica e modelação 3D, finalizando com os renders em contexto de utilização e as conclusões do projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o projeto autoproposto, o desenvolvimento de um quadro de bicicleta. Este projeto possui uma estrutura semelhante, mas mais completa, iniciando com a sua contextualização e apresentação do *Project Brief*. Em seguida realizou-se uma fase de pesquisa e posteriormente, efetuou-se o tratamento da informação recolhida, através da árvore das necessidades, modelo de Kano, QFD e Matriz do Produto. A análise morfológica serviu de impulsionador para a criação de conceitos. Os conceitos passaram por um *concept screening* para uma filtragem inicial, e depois por um *concept scoring* para a seleção exata do conceito a desenvolver. Após obtenção do conceito final, passa-se à fase de cálculo e dimensionamento, desde a arquitetura do produto, passando pelo projeto de detalhe, até aos testes mecânicos através da análise de elementos finitos do modelo CAD do conceito. Por fim, foi feita uma análise dos resultados em relação ao projeto do quadro de bicicleta.

O quarto capítulo concerne às conclusões da dissertação, apresentando os resultados e análise dos mesmos em relação a todos os projetos desenvolvidos.

O quinto capítulo apresenta as referências utilizadas ao longo do projeto.

3 Desenvolvimento em contexto industrial

3.1 Projeto- Guia de corrente

3.1.1 Contextualização

O guia de corrente é um componente que, apesar de para algumas pessoas representar apenas mais um peso na sua bicicleta, evita que a corrente saia da roda dentada devido a obstáculos em trajetos de corrida ou possíveis manobras realizadas pelo ciclista, e deste modo pode, por exemplo, determinar a vitória ou a derrota numa competição.

O presente projeto nasceu de uma dificuldade apresentada por um cliente da empresa Miranda & Irmão Lda., cujo guia de corrente falhou o seu objetivo num momento crucial.

Assim sendo, através da análise deste guia de corrente, pretendeu-se criar um produto de elevado desempenho que não apresentasse falhas em condições extremas ou menos favoráveis, tendo sempre em consideração as suas características essenciais - peso e resistência.

3.1.2 Constrangimentos / Project Brief

No Project Brief apresentado na Tabela (2), está resumido quais as instruções para a execução do projeto.

Tabela 2 - Project Brief, projeto do guia de corrente

Descrição do produto	Guia de corrente para alta competição
Objetivos estratégicos	Análise da concorrência para criação de um produto mais resistente e competitivo.
Mercado alvo	Gama profissional Vasco Bica (campeão de <i>Downhill</i>)
Mercado secundário	Praticantes de ciclismo de montanha
Restrições e pressupostos	Encaixe ISCG-05 Para <i>Downhill</i> , <i>Gravity</i> e <i>Enduro</i> Anel singular 1x7/8/9/10 e 11 velocidades (34 a 40 dentes) Adaptação e instalação fácil; Proteção extra para os anéis (taco) Adicionar tensão à corrente (<i>Pulley</i>) Compatível com diferentes alinhamentos de corrente (50mm a 55mm). Fácil manutenção e resistente á corrosão dos lubrificantes.
Stakeholders	Empresa (Miranda & Irmão Lda.)

Em seguida foi necessário fazer uma pesquisa em relação ás restrições e pressupostos para melhor entendimento dos mesmos.

3.1.3 Restrições e pressupostos – Pesquisa

3.1.3.1 Método de fixação do guia de corrente

Existem diferentes métodos *standard* de fixação do guia de corrente à bicicleta, no entanto, é necessário ter sempre em consideração qual o método mais apropriado para esta. Estes métodos estão representados resumidamente na Figura (5).

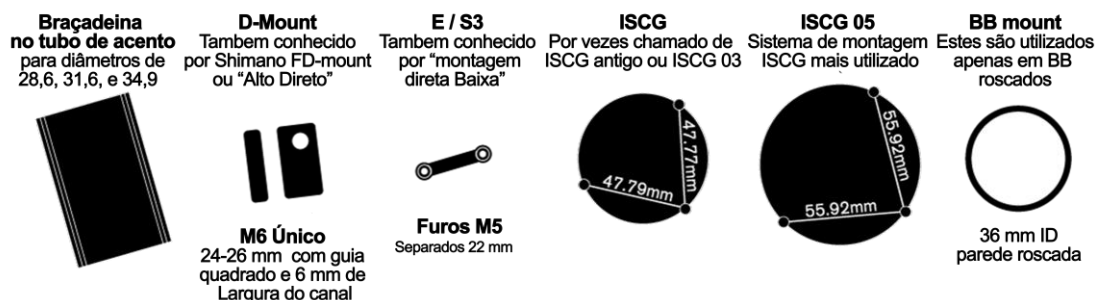


Figura 5 – Métodos *standard* de fixação de guias ao quadro da bicicleta. (Mountain Racing Products, 2015)

3.1.3.2 Ambiente de utilização

No universo das bicicletas existem várias superfícies sobre as quais são praticadas diversas modalidades desportivas. O presente projeto destina-se a desportos praticados sobre terra/montanha. Dentro das bicicletas de montanha existem diferentes categorias a nível profissional, sendo que estas categorias são diferenciadas pelos caminhos, terrenos, existência de subidas ou descidas, entre outros.

O esquema da Figura (6), apresenta vários tipos de terrenos associados a cada uma das modalidades de ciclismo de montanha, sendo que o foco deste projeto será nas categorias de *Enduro* e *Downhill* representados nas Figuras (7) e (8).



Figura 6 – Associação dos tipos de terrenos às modalidades.(Mountain Racing Products, 2015)



Figura 7 – Enduro(Marti, 2015)



Figura 8 - Downhill(Landry, 2013)

3.1.3.3 Número de anéis e velocidades

Os anéis ou pratos dianteiros são as rodas dentadas situadas na pedaleira da bicicleta, oscilando o número dos mesmos entre um a três anéis por pedaleira. O diâmetro das rodas dentadas é definido pelo número de dentes da roda, que por norma são entre 34 a 40 dentes, funcionando o sistema de propulsão como apresentado na Figura (9).

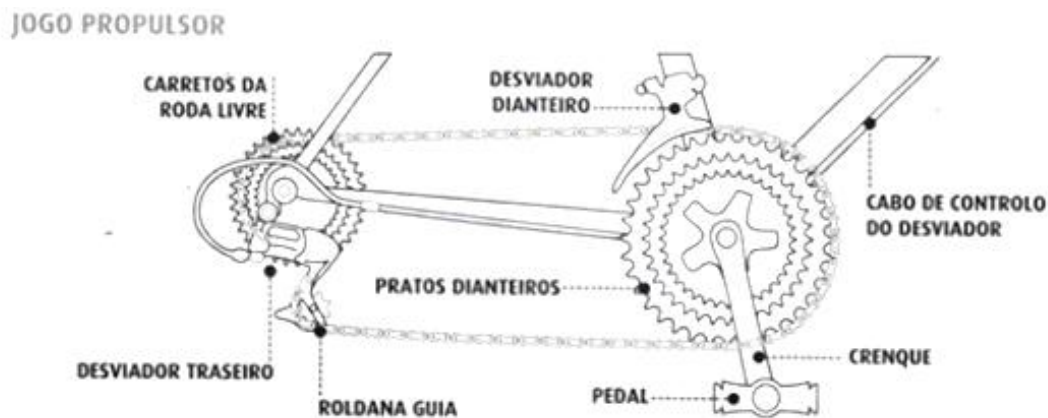


Figura 9 – Esquema de propulsão da bicicleta.(GPS, 2016)

As desmultiplicações da bicicleta são a quantidade de combinações possíveis entre o anel ou os anéis, e o carreto da roda livre ou traseiro. Estas combinações proporcionam diferenças de velocidade e um melhor rendimento do ciclista. Na Figura (10) encontra-se um esquema representativo das desmultiplicações de uma bicicleta.

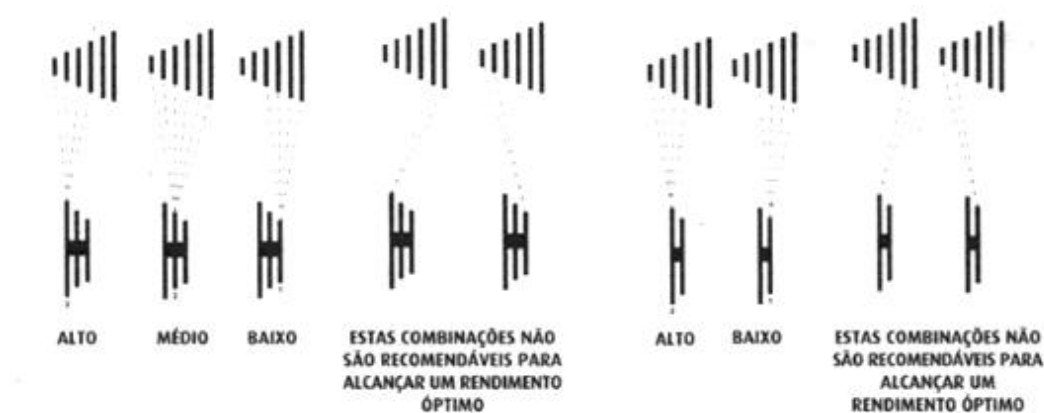


Figura 10 - Esquema representativo das desmultiplicações de uma bicicleta(GPS, 2016)

3.1.3.4 Instalação e manutenção

Frequentemente, tanto a instalação como a manutenção do guia de corrente constituem processos bastante técnicos e demorados, sendo ideal a redução do tempo e da complexidade de montagem.

Na instalação é necessário ter em atenção o número de dentes do anel frontal, a distância ao eixo da corrente e o número de ferramentas necessárias para a execução do processo (por exemplo, a instalação do guia apenas com uma chave sextavada de 4mm).

No exemplo apresentado na Figura (11), a existência das anilhas permite facilmente o controlo da distância do guiador superior em relação à corrente.



Figura 11 – Exemplo de guia ajustado através de anilhas.(McGlinchey, 2014)

No guia representado pela Figura (12), existem dois encaixes que permitem ao taco mudar de posição, permitindo resguardar diferentes tamanhos de rodas.



Figura 12 – Exemplo de taco com diferentes encaixes.(Levy, 2015)

Por fim, a Figura (13) representa uma instalação onde o guia representado a preto, é colocado pela frente sem ser necessário retirar a pedaleira, e o aperto faz-se através da *spider*.

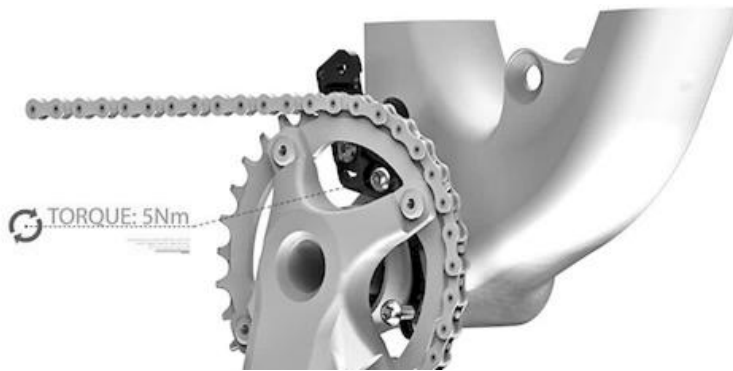


Figura 13 – Guia de encaixe rápido.(OneUp Components, 2015)

3.1.3.5 Proteção extra para os anéis (Taco/Bashguard)

O tacotem como função proteger os anéis e a corrente de impactos de troncos ou pedras na parte inferior, e também serve para ajudar a ultrapassar obstáculos,

deslizando por cima dos mesmos. Na Figura (14) encontra-se apresentado um exemplo de um taco em utilização.



Figura 14-Exemplo de um taco em utilização. (Laws, 2016)

3.1.3.6 Guia ativa de retenção

As guias ativas de retenção distribuem o excesso de corrente sobre uma polia, rolo, ou *slider* quando esta sai do anel. Estas aumentam a quantidade de corrente que envolve o anel, adicionando uma retenção de corrente extremamente segura e confiável nas circunstâncias mais exigentes. A Figura (15) exemplifica um guia de retenção.



Figura 15 – Exemplo de um guia de retenção.(Pham, 2012)

3.1.3.7 Alinhamentos de corrente (50mm a 55mm)

A corrente é alinhada segundo uma distância que vai desde o centro do quadro até ao ponto central de um dente da roda dentada. Atualmente, os alinhamentos têm dimensões entre 49mm e 51mm. Estas dimensões variam consoante as especificações dos fabricantes de componentes de bicicleta. Este alinhamento encontra-se nivelado com o centro do carreto da roda livre, proporcionando os melhores ângulos de corrente possíveis.

O projeto deve ser realizado em torno da linha de corrente, a fim de que o anel e a corrente encaixem corretamente e não friccionem um no outro. A folga de um guia representa a distância entre a proteção da corrente e a corrente (tendo em conta o alinhamento desta - Figura 16).

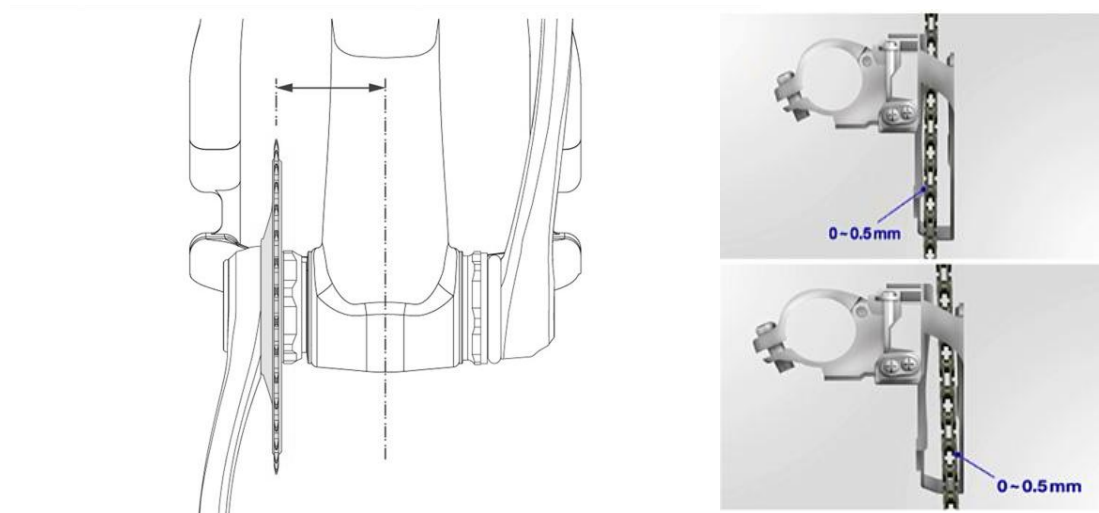


Figura 16 - Alinhamento da corrente(Hive, 2012)

3.1.4 Reclamações dos clientes

As reclamações dos clientes manifestam a falta de contentamento em relação a alguns aspetos do produto e a posterior análise destes aspetos proporciona

oportunidades para criar novos produtos. Assim sendo, foi realizado um levantamento das reclamações mais comuns dos utilizadores de guias de corrente da concorrência e analisaram-se os problemas que se devem ter em atenção.

- Lavagem do produto ou *design* para não acumulação de detritos no guia

Normalmente, todas as pistas são em terrenos de terra, sendo que esta representa grande fator de sujidade para o guia de corrente. Quando o terreno é lamacento, a sujidade provocada por este dificulta a limpeza do guia de corrente, sendo por vezes necessário desmontar, lavar e voltar a montar o mesmo. A fim de evitar a situação apresentada na Figura (17), a solução final deverá prevenir a acumulação de resíduos.



Figura 17 – Exemplo de acumulação de detritos no guia.(DirtyMike, 2008)

- Qualidade nos parafusos de montagem do guia

Uma das reclamações mais comuns é a falta de qualidade dos parafusos de montagem. Após um número reduzido de utilizações da bicicleta, ocorre a quebra dos parafusos ou os mesmos perdem as respetivas listras. Por consequência, a remoção dos parafusos é bastante dificultada, encontrando-se representada pela Figura (18).



Figura 18 – Falhas habituais dos parafusos.(Duque, 2013)

- Utilização de lubrificantes com baixa especificidade para o guia

Estas reclamações estão relacionadas com as rachaduras criadas perto dos componentes de aperto devido à utilização de lubrificantes não recomendados pelos fabricantes de componentes.

3.1.5 Análise Direta

O componente representado pela Figura (19), é um guia de corrente da marca MRP, denominado por G-4. Este é um guia para *Dowhill*, *Gravity* e *Enduro*.

O utilizador Vasco Bica proporcionou o componente para estudo. A falha detetada no componente corresponde a desgaste, provocando uma falha na sua função base.



Figura 19 – Guia MRP G-4 da concorrência.

Através da Figura (20) observa-se que a peça superior que faz o guiamento da entrada da corrente no anel está torcida, o que provoca um ligeiro espaçamento vertical, fazendo com que a corrente possa sair fora do anel. A torção altera o alinhamento da guia da corrente.



Figura 20 – Análise da zona de falha, topo do guia torcido para a direita.

Com esta análise podem elencar-se alguns tipos de falhas possíveis do guia. No caso da proteção inferior representada pela Figura (21), é possível observar na peça o local dos impactos e o resultado da violência dos mesmos, sendo fácil identificar a área que necessita de ser mais reforçada e quantificar a força que o componente necessita de aguentar. Este aspeto será estudado para posterior aplicação no novo projeto.



Figura 21-Taco danificado.

3.1.6 Benchmarking

O *benchmarking* foi realizado em relação aos produtos existentes no mercado (Tabela 3). Este, não só permite relacionar as características dos produtos com os preços como permite ainda comparar o produto resultante deste projeto com os produtos da concorrência.

Tabela 3 - *Benchmarking* de guias de corrente

Carbono



MRP SXg Chain
Guide - Carbon
106g
€264.99

Alumínio



MRP Mini G4 Chain
Guide - Carbon
156g
€264.99



MRP AMg V2 Chain
Guide - Carbon
97g
€209.99



MRP SXg Chain
Guide - Alloy
158g
194.99€



MRP Mega G4 Chain
Guide - Alloy
204g
194.99€



E Thirteen LG1+ Chain
Guide -alumínio
176g
181.49€

O produto do novo projeto pertencerá à gama alta, utilizando alumínio como material base. A concorrência encontra-se entre os 180€ a 200€, e os pesos encontram-se entre 150g e 210g.

3.1.7 QFD

Segundo Evans e Lindsay (1996): "O QFD é um processo de planeamento dirigido para o cliente com a finalidade de orientar a conceção, produção e marketing dos produtos". Deste modo, o QFD permite sobretudo que a equipa de desenvolvimento do produto consiga ter a perspetiva das reais necessidades do

utilizador ou cliente. Esta ferramenta encontra-se elaborada no anexo (1) (AEP e Guimarães, 2006).

Tabela 4 - Requisitos e métricas

Requisitos	Métricas
O produto é silencioso;	Decibéis;
O produto diminui a vibração da corrente;	Vibração da corrente;
O produto é de fácil instalação;	Tempo de montagem;
O produto é de fácil manutenção;	Número de Peças;
O produto não cria atrito significativo;	Coeficiente de atrito;
O produto tem o alinhamento correto e apresenta um fácil alinhamento;	Desvio do alinhamento;
O produto é leve;	Peso;
O produto possui uma proteção para deslizamento (Taco);	Teste de resistência da placa de deslizamento;
O produto é fácil de lavar e não acumula detritos;	Tempo de lavagem;
O produto é resistente a lubrificantes;	Resistência sob lubrificação;
O produto possui material de montagem resistente e de qualidade (parafusos);	Material dos parafusos de montagem;
O produto é económico.	Preço final.

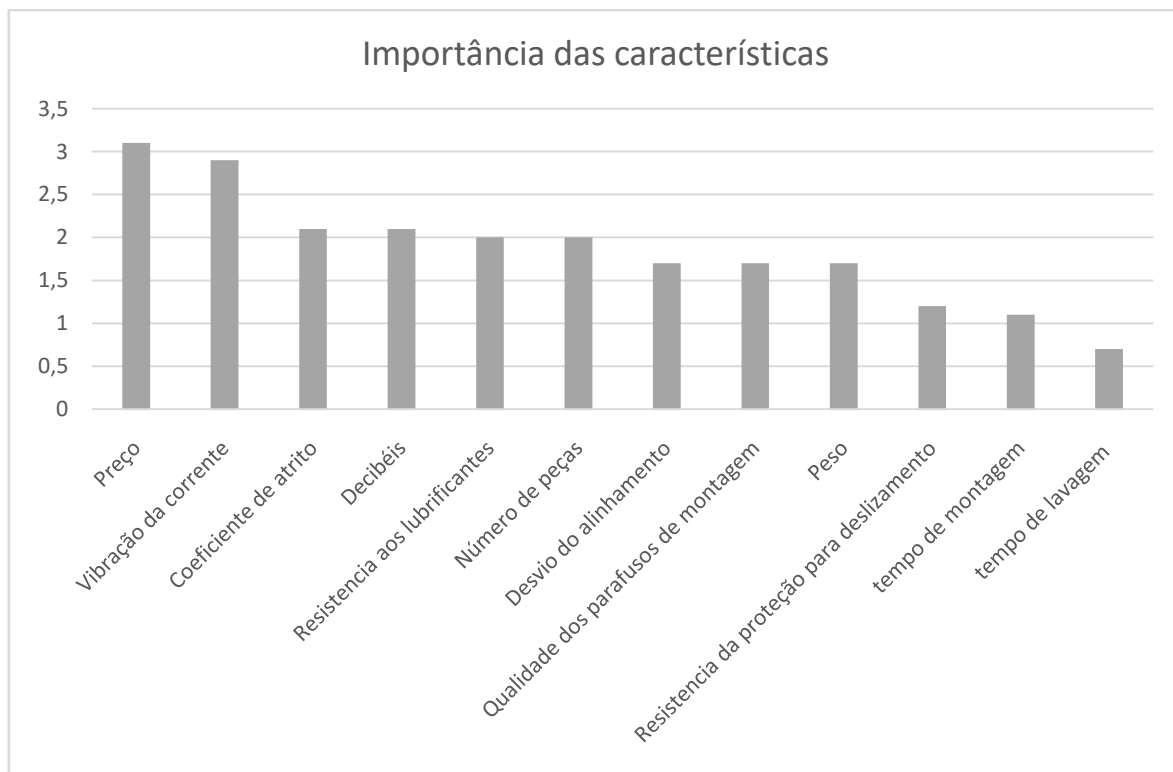


Gráfico 1 - Gráfico representativo das importâncias

3.1.7.1 Considerações finais da análise do QFD

Após a execução da casa de qualidade e a partir do Gráfico(1), pode-se observar que o preço representa a característica técnica a ter em maior consideração. De seguida, a vibração da corrente, assim como a resistência dos plásticos que compõem o guia em relação aos lubrificantes, representam os problemas que podem invalidar o produto. O coeficiente de atrito e a sonoridade são dois fatores que quanto mais otimizados maior é a satisfação proporcionada ao utilizador. No que diz respeito aodesvio do alinhamento, apesar de ser uma característica multosignificativa, é de fácil resolução, daí não possuir uma importância maior. A otimização das restantes características, que contêm uma importância relativa, proporciona resultados melhorados e de maior rendimento e satisfação para o utilizador.

3.1.8 Novo guia de corrente - conceitos

Os desenhos dos conceitos tiveram em consideração o tipo de encaixe predefinido. Estes foram variando de forma. Inicialmente foram elaboradas formas mais orgânicas e mais cheias que posteriormente evoluíram para conceitos mais geometrizados de modo a proporcionar uma produção mais simples e fácil. A Figura (22) ilustra os conceitos realizados para este propósito.

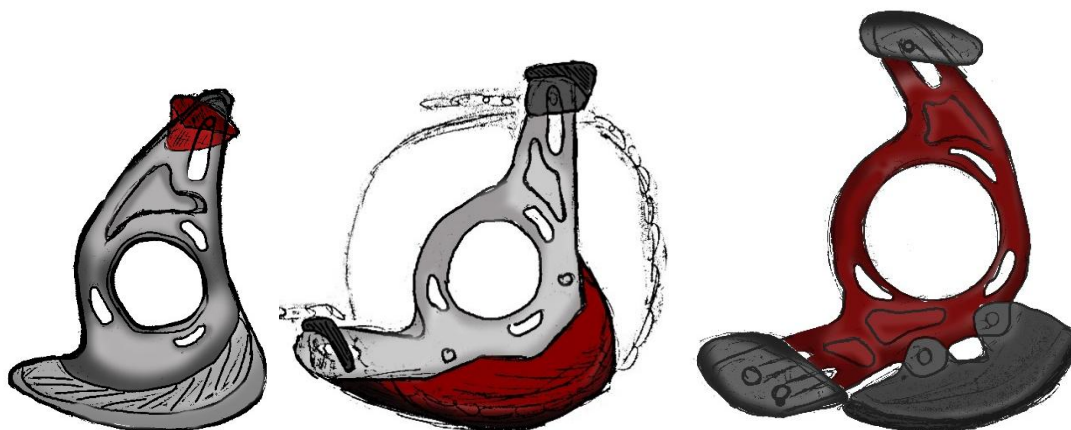


Figura 22 – Conceitos 1, 2 e 3.

Por fim, obteve-se o conceito final apresentado na Figura (23) que, evoluiu do conceito 3 indicado em cima, tendo este resultado da junção da solução de encaixe rápido.

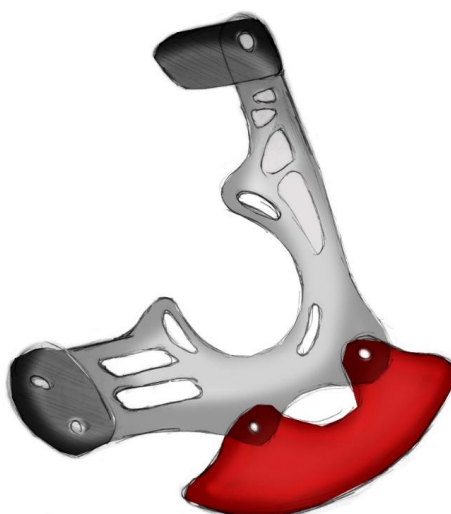


Figura 23 - Conceito Final.

3.1.9 FMEA

A FMEA é uma ferramenta de projeto que serve para adquirir um melhor conhecimento dos problemas nos produtos e processos. Deste modo hierarquizam-se informações sobre as falhas, estabelecendo-se um sistema de prioridades de melhorias, investimento, desenvolvimento, análises e validação.

A ferramenta serve como arquivo de referência para o futuro ao nível das evoluções possíveis do produto e da documentação de erros do passado, proporcionando um incentivo da necessidade constante de desenvolvimento. Desta maneira são geradas ações de melhoria no projeto, que devem ser monitorizadas (melhoria contínua)(Tahara e Amigo, 2012). O anexo (2) representa o desenvolvimento da ferramenta FMEA.

3.1.10 Definição geométrica e Modelação 3D

Tendo em consideração todas as restrições do projeto em relação aos encaixes e à interação entre os vários componentes, procedeu-se à modelação do produto.

A modelação iniciou-se pelo *sketch* do ISCG e, posteriormente modelaram-se os lugares onde se encaixariam os componentes. Desta modelação resultou a criação da placa de encaixe, que depois foi otimizada em relação ao seu peso.

Foi providenciada pela empresa a modelação de uma roda dentada com *spyder* para enquadramento e ajustamento de algumas medidas, como por exemplo, o alinhamento ao centro da roda dentada. A corrente foi criada para poder estudar a possibilidade de ressaltos e identificar as folgas que tem em relação ao guia. Estas folgas estão representadas através da Figura (24).

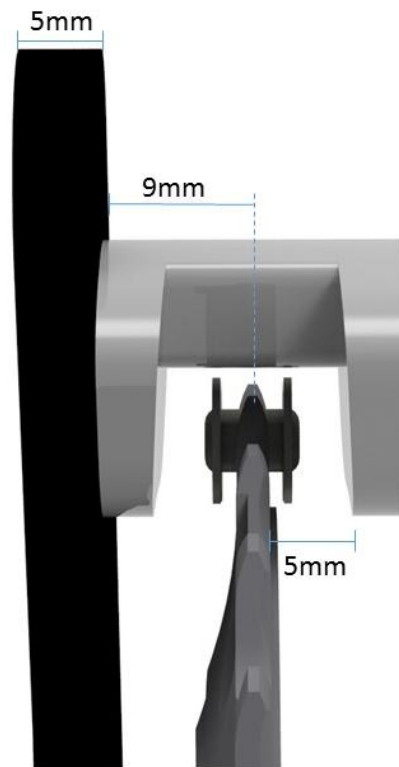


Figura 24 –Afastamento do guia em relação à corrente.



Figura 25 – Modelação inicial do guia de corrente.

A modelação inicial do guia de corrente representado pela Figura (25), serviu essencialmente para definir os modos de interação entre os componentes e verificar a existência de problemas de medidas gerais.

De seguida efetuou-se a definição de formas mais consistentes e a criação de recortes para diminuir o peso. Também foram aplicadas as reentrâncias necessárias para colocação dos parafusos e das respetivas porcas. A Figura (26) demonstra a aplicação referida anteriormente.



Figura 26 – Modelação final, vista de frente.

Como se pode observar na Figura (27), os componentes (guia superior, taco e guia de retenção) possuem elementos que permitem o seu ajustamento dependendo das especificações que o utilizador pretende. O guia superior e o guia de retenção deslizam sobre uma calha guia, onde podem estar descritas as medidas recomendadas para os diferentes tipos de rodas. Por sua vez, o taco possui apenas duas medidas possíveis para o tamanho da roda, que estão condicionadas por três pontos pertencentes à placa de encaixe, um dos quais irá servir de pivot. Estes três pontos conferem resistência à placa de encaixe e ao taco, podendo englobar desde uma roda de menor dimensões a uma roda que tenha uma grande dimensão.



Figura 27 – Modelação final, vista traseira.

3.1.11 Escolha e seleção de materiais para os componentes

Na escolha de material para os componentes, os fatores a ter em conta vão depender das funções que cada um vai desempenhar e também os processos de fabrico existentes na empresa.

Partindo destes pressupostos foram escolhidos os materiais para o guia superior, a placa de encaixe e o taco, uma vez que o guia de retenção será do mesmo material que o guia superior.

Em relação ao guia superior, as características a ter em conta são a resistência ao desgaste, devido à passagem da corrente, e a resistência à fratura, para aguentar os impactos mais fortes. Nesta seleção descartaram-se os metais e os elastómeros, pois os metais são um dos motivos de queixa de utilizadores, uma vez que com este material a corrente faz bastante barulho ao passar no guia, e os elastómeros (borracha), pelo facto de poderem criar atrito na corrente. No Gráfico (2) encontram-se representados a resistência de desgaste em função da resistência à fratura de vários materiais.

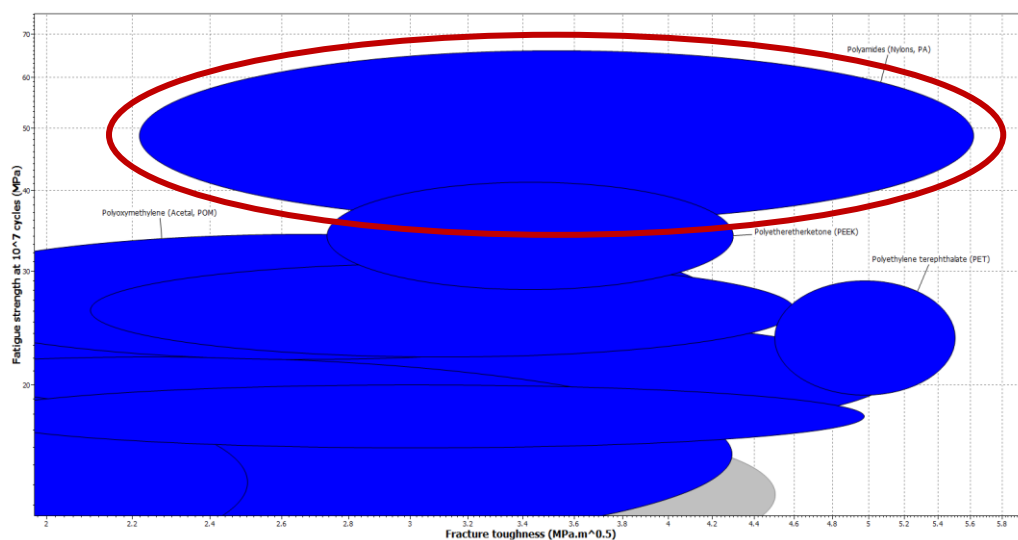


Gráfico2 – Fatigue strength vs Fracture toughness.

Este gráfico foi criado no CES *Edupack*, tendo em consideração a resistência à fadiga a 10^7 ciclos (MPa) e a resistência à fratura ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$). Neste foram considerados alguns fatores ecológicos como a reciclabilidade do material e a facilidade da sua moldação. Os materiais mais recomendados são o PA, depois o PEEK, e por fim o PET. A empresa utiliza o PA 6.6 que coincidentemente é uma das melhores opções de seleção de material, como se encontra demonstrado pelo círculo a vermelho no Gráfico (2).

A placa de encaixe necessita de um material com alta tenacidade, para que não ocorra a sua deformação ou quebra. Este material necessita de ser leve, pois é o componente com maior área/volume e o que tem mais influência no peso final do guia de corrente.

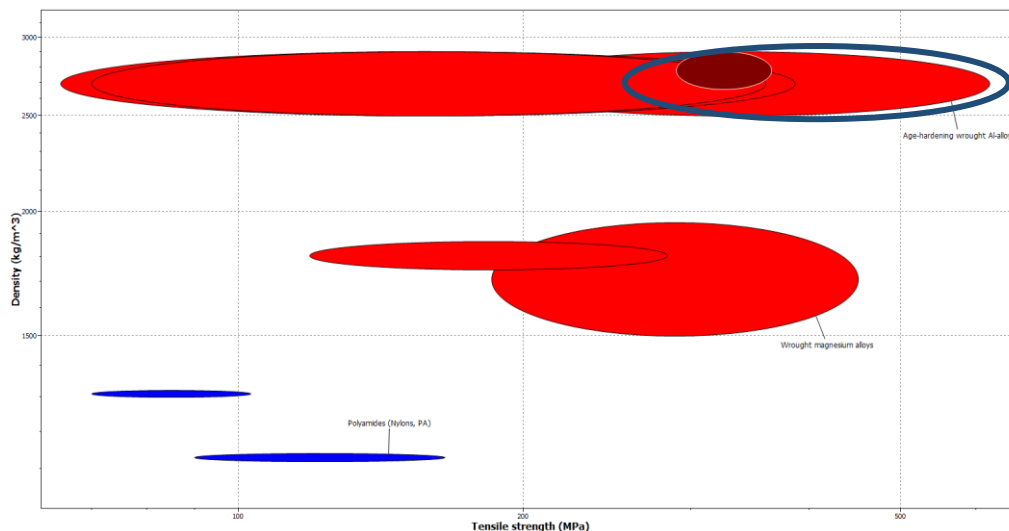


Gráfico 3 – Density vs Tensile strength.

O Gráfico (3) foi igualmente criado no CES *Edupack*, no qual foi considerado a densidade dos materiais e a força de tração, assim como a facilidade de maquinação e a reciclabilidade. Os materiais que apresentaram melhores relações entre peso e força de tração são as ligas de alumínio endurecidas por tratamento, as ligas de magnésio, e possivelmente o PA. A empresa decidiu utilizar o Al 6061 T-6, uma liga de alumínio que aparece no topo direito deste gráfico dentro do círculo azul.

Por fim, o taco tem de ser resistente em relação às forças de compressão, e terá de absorver a energia dos impactos para não danificar os restantes elementos.

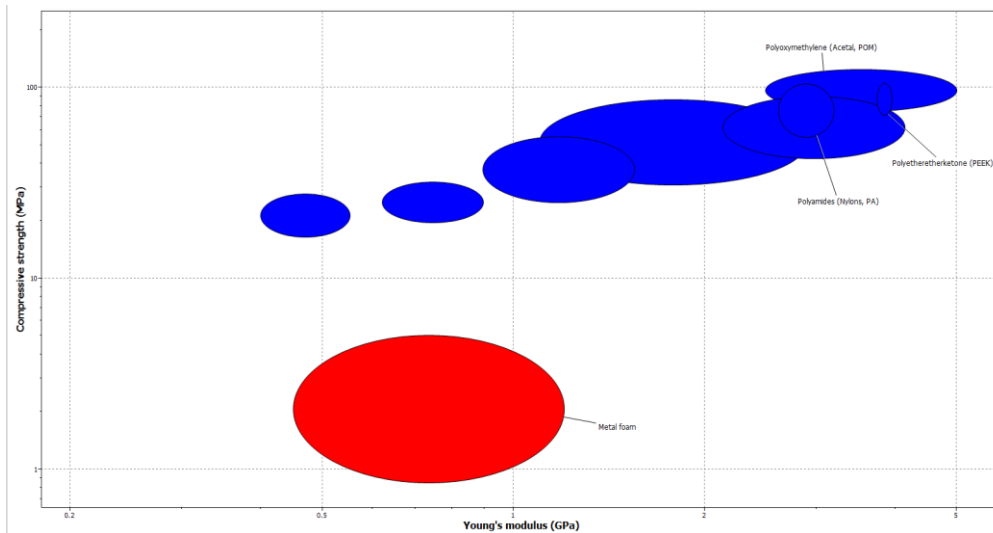


Gráfico 4 – Compressive strength vs Young's modulus.

Para criação do Gráfico (4) comparou-se a resistência a forças de compressão ao módulo de *Young*, tendo em consideração a reciclabilidade do material e a facilidade da sua maquinação. Os materiais POM, PEEK e PA apresentam boas características, no entanto foi criado o Gráfico (5) para comparar os mesmos materiais relacionando a resistência à fadiga em função do preço.

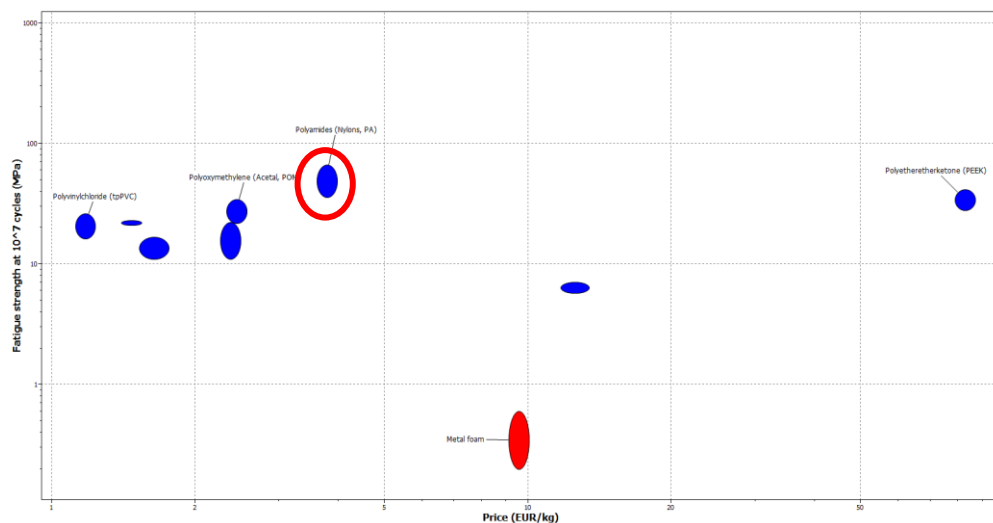


Gráfico 5 – Fatigue strength vs Price

No Gráfico (5) pode-se observar que, o PEEK é um material bastante dispendioso, e que o PA e o POM apresentam uma baixa diferença no preço entre si, no entanto, o PA compensa pela sua maior resistência à fadiga. A empresa vai utilizar o PA 6.6 para este componente, também representado no Gráfico (5) através do círculo vermelho.

3.1.12 Testes de resistência

A velocidade máxima de um praticante de Enduro / Downhill / Gravity em situações de terreno difícil (v) é de $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ou seja, $5.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A força (F) que um ciclista profissional exerce quando o taco embate contra uma pedra, determina-se através da Equação (1), sendo m , a massa que embate contra a pedra, a , a aceleração que o ciclista profissional alcança e t , o tempo que o ciclista percorre entre o ponto de partida e tempo que demora a atingir a velocidade de $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

$$F = m \times a = m \times \frac{v}{t} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\Leftrightarrow F = 100 \times \frac{5.55}{2}$$

$$\Leftrightarrow F = 277.5 \text{ N} = 277.5 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Estes cálculos foram feitos para se obter um valor médio da força para aplicação nos testes ao guia superior, placa de suporte e taco. No entanto, é de referir que as variáveis foram valores arbitrados baseados em pesquisas, experiência pessoal e revistos por um especialista em testes de componentes de bicicletas, da associação Abimota. Esta é uma associação nacional das indústrias de duas rodas, ferragens e afins, onde também se elaboram vários ensaios em relação a estas indústrias.

3.1.12.1 Guia Superior

O guia superior é composto por duas partes semelhantes. Estas estão agregadas entre si por dois encaixes e ambas estão fixas à placa de suporte por um parafuso que passa pelas duas. O teste presente na Figura (28), representa o que aconteceria ao guia superior caso a corrente salte e colida com o guia. O impacto está representado por uma força de aproximadamente 300 N.

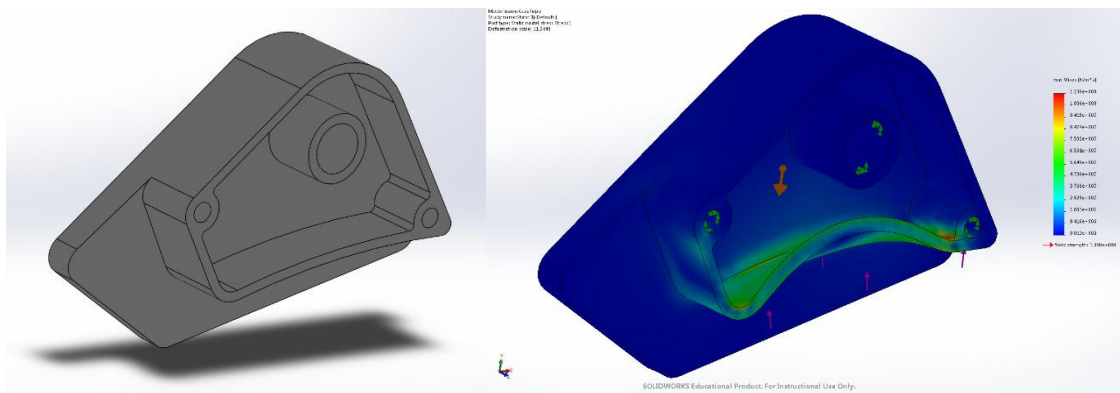


Figura 28 – Modelo 3D de meio guia e teste de resistência ao mesmo.

Dos vários testes temos os seguintes resultados: no critério de falha de *von Mises* um valor máximo de $1.130 \times 10^{008} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ para uma *yield strength* de $1.390 \times 10^{008} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$; no teste de deslocamento a distância máxima é $3.887 \times 10^{-001} \text{ mm}$; no teste de Strain o valor máximo é de 7.873×10^{-003} .

3.1.12.2 Placa de suporte

A placa de suporte é fixada ao quadro da bicicleta através de três parafusos de cabeça achatada, sendo que esta peça vai sofrer forças provenientes dos componentes que se lhe vão agrupar. Através da Figura (29), pode observar-se o seguinte: na parte de cima da placa de suporte está a força representada pelo guia superior, uma força de 300N e com uma direção perpendicular à da superfície; na zona em baixo da placa do lado direito, está representada a força total do impacto no taco, de 300N, e com a direção de um impacto diagonal ascendente paralelo à superfície; por fim, na zona em baixo da placa do lado esquerdo, está representada a força de tensão que o tensor vai fazer na corrente, sendo esta uma força diagonal descendente paralela à superfície, de 300N.

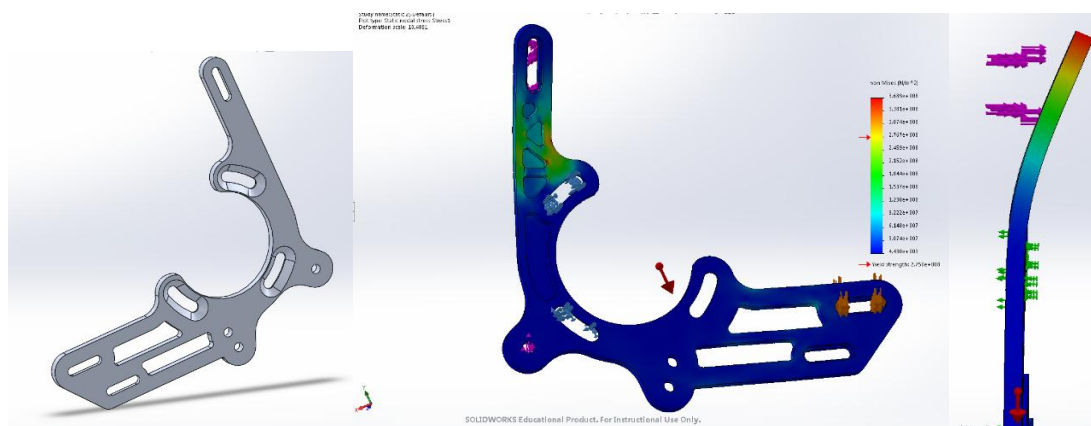


Figura 29 – Modelo 3D da placa de suporte e teste de resistência à mesma.

Os resultados indicam alguns pontos mais fracos na parte superior da placa de suporte, sendo que os valores máximos no critério de falha de *von Mises* são de $3.689 \times 10^{08} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ para um material de $2.750 \times 10^{08} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. O deslocamento maior é relativo à parte superior e é de 1.738 mm. O valor do teste *Strain* é de $3,236 \times 10^{-003}$.

3.1.12.3 Taco

O taco é fixado à placa de suporte por dois parafusos, sendo que aquele vai suportar os embates na parte inferior da bicicleta devido a pedras e outros detritos. O taco foi testado com uma força normal à superfície de 300N. Este teste encontra-se representado na Figura (30).

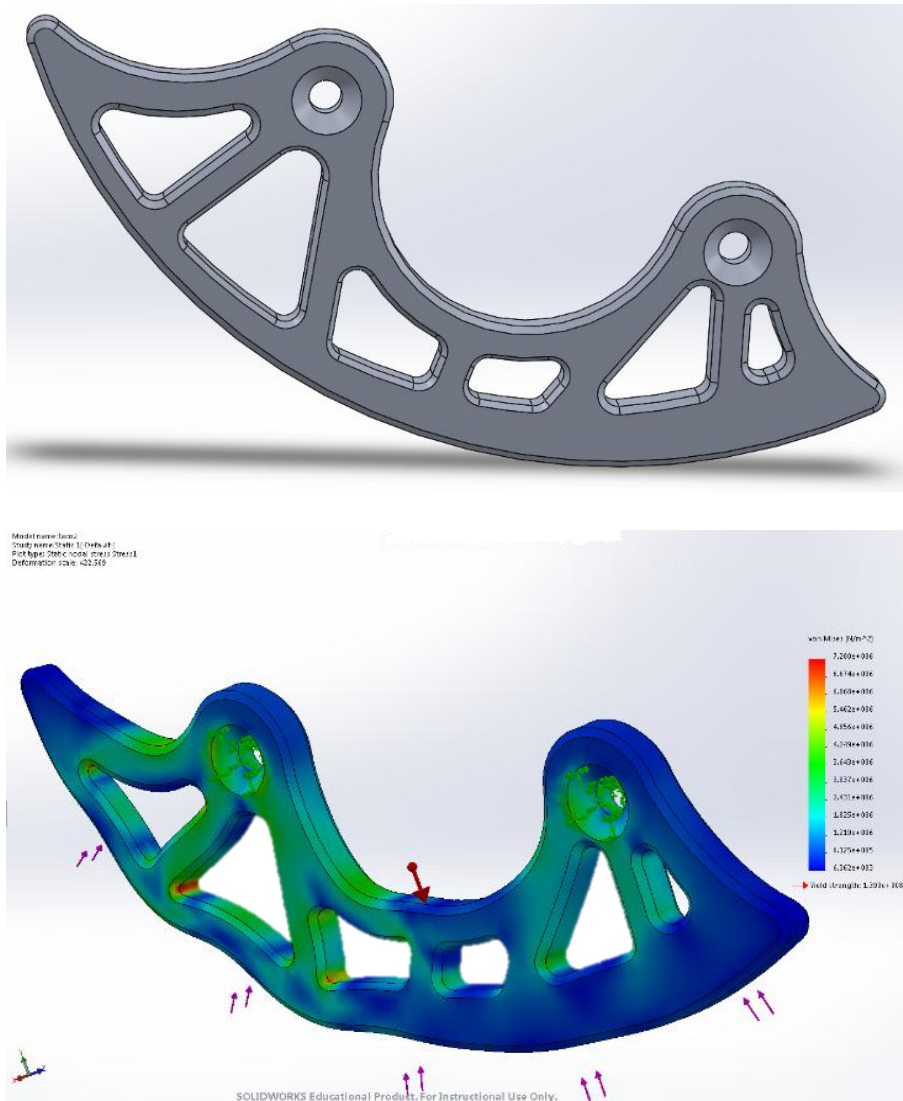


Figura 30 – Modelo 3D do taco e teste de resistência ao mesmo.

Observa-se que, no critério de falha de *von Mises*, o valor máximo é de $7.280 \times 10^{06} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ para uma *yield strength* do material de $1.390 \times 10^{08} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. No deslocamento, o valor máximo é de $3.035 \times 10^{-002} \text{ mm}$. Por fim, o valor máximo de *Strain* é de 5.646×10^{-004} .

3.1.13 Finalização

A realização de prototipagem a partir da Impressão 3D facilitou a detecção dos problemas ao longo do desenvolvimento. A Figura (31) demonstra o produto projetado em utilização.



Figura 31 - Produto em ambiente de utilização, editado de(Ashelford, 2012)

O produto em relação ao benchmarking, ficou com um peso de 213g, um peso ligeiramente superior ao da concorrência, principalmente devido à utilização de um taco com materiais metálicos, pois os restantes componentes possuem pesos mais competitivos.

3.1.14 Conclusões

Através da análise de um guia de corrente da concorrência, pretendeu-se criar um produto de elevado desempenho que não apresentasse falhas em condições extremas ou menos favoráveis, tendo sempre em consideração as suas características essenciais - peso e resistência.

No projeto de desenvolvimento do novo guia de corrente foi analisado um conjunto de informações tais como contexto de uso e mercado, foi igualmente realizada uma análise direta a um produto da concorrência. Estas informações permitiram a definição de pressupostos e requisitos para a execução do projeto.

Através do QFD, foi possível organizar as necessidades por ordem de influência no projeto, sendo o peso, a vibração da corrente e o coeficiente de atrito os aspetos com maior importância.

Após o desenvolvimento conceptual, passou-se para o CAD, onde mais facilmente se puderam verificar os problemas e clarificar medidas.

Através da Análise de Elementos Finitos pudemos verificar a exequibilidade, assim como fazer otimizações em relação ao peso e à geometria.

Por fim, efetuou-se o desenvolvimento de protótipos, que possibilitou a verificação do funcionamento do produto e as falhas do mesmo. Todas estas etapas fazem parte da rotina de desenvolvimento da empresa.

Deste desenvolvimento resultou um guia de corrente que segundo as análises FEA, é mais resistente que o guia da concorrência analisado, que era o objetivo proposto. Este incremento na resistência deve-se ao novo design da peça já que o material utilizado na sua fabricação foi o mesmo.

Este projeto irá continuar a ser desenvolvido, com a produção de uma pequena série com os materiais e métodos de produção finais, para confirmação de todas as medidas tendo em conta as interações tanto com o quadro, como com a corrente.

3.2 Projeto– Poste de selim

3.2.1 Contextualização

O poste de selim é um componente que serve para fixar o selim ao quadro da bicicleta. Este componente embora simples, tem evoluído de maneira muito complexa, quer a nível tecnológico, quer ao nível dos materiais utilizados no mesmo. O poste de selim possui um papel importante no conforto de condução, bem como no melhoramento da performance no que diz respeito a questões de peso.

Este projeto consiste no *redesign* do poste de selim Clickpost® da empresa Miranda (*Miranda Bike Parts*, 2015).

Este redesign foi proposto devido à baixa venda do produto, embora este possua uma tecnologia de encaixe bastante rápida e eficaz. Esta tecnologia foi patenteada pela empresa, daí o interesse em tentar manter este produto no mercado.

Assim sendo, através da análise do poste atual e das tendências da concorrência, pretende-se criar um produto de qualidade e atrativo formalmente.

3.2.2 Constrangimentos / Project Brief

Descrição do produto	Poste de selim
Objetivos estratégicos	Análise do poste atual e da concorrência com o objetivo de criar um produto mais competitivo
Mercado alvo	Ciclistas iniciantes
	Treinos de alta quilometragem
Mercado secundário	Ciclistas recreativos
Restrições e pressupostos	Solução económica
	Utilização da tecnologia “clickpost”
	Poste de selim rígido
	Medidas gerais padrão
	Utilização das tecnologias da empresa
Stakeholders	Empresa (Miranda e Irmão Lda.)

3.2.3 Restrições e pressupostos

3.2.3.1 Utilização da tecnologia “Clickpost”

O poste de selim Clickpost® permite montar um selim de bicicleta em menos de 10 segundos. Para a sua instalação, o selim é simplesmente inserido no Clickpost, roda-se 90 graus e aperta-se o parafuso central.

Os componentes do mesmo são fabricados por um processo de forjamento a frio de alto impacto, que produz um poste de selim especialmente rígido e resistente a impactos.

O poste de selim possui um acabamento *premium*, que consiste numa resina reticulada composta por partículas nanocristalinas cerâmicas e metálicas, que aumenta significativamente a durabilidade e a resistência à abrasão do poste (Miranda, 2017).

Este poste de selim concorreu aos Red Dot Design Awards tendo ganho uma menção honrosa, representado na Figura (32) (Miranda, 2013).



Figura 32 - Clickpost®

O sistema do Clickpost® ilustrado na Figura (33) possui 6 elementos:

1. – Porca
2. – Mola
3. – Agarra superior
4. – Agarra inferior
5. – Base de aperto
6. – Parafuso

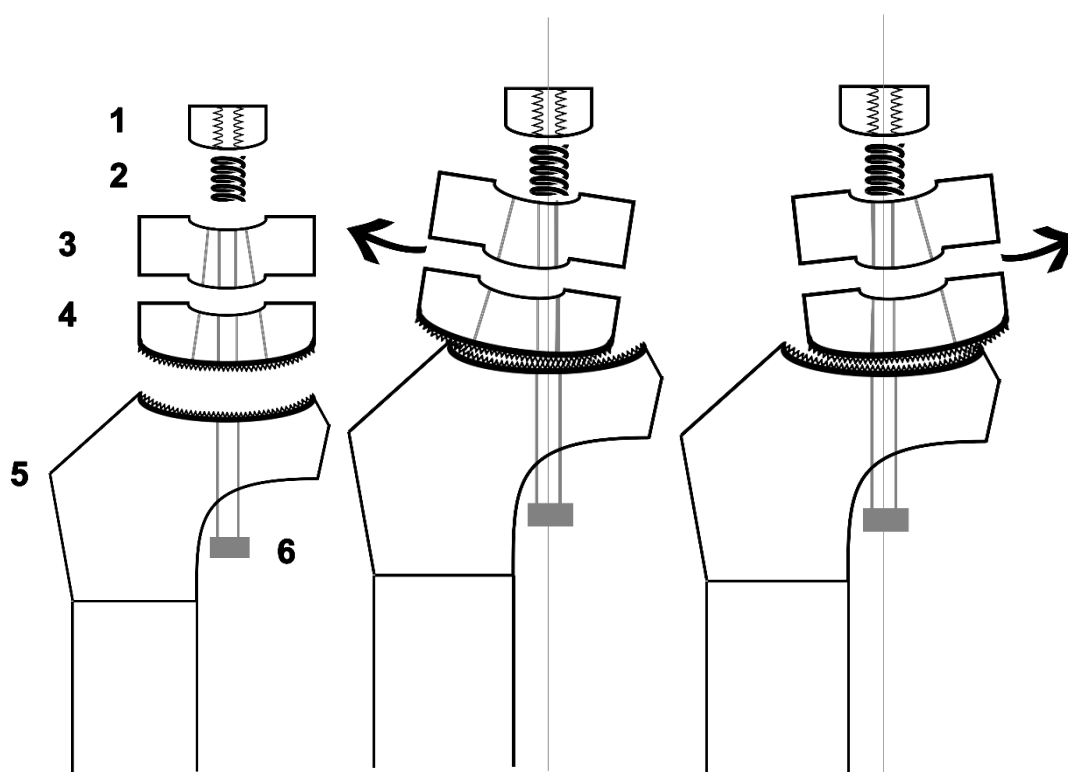


Figura 33 - Esquema de funcionamento do Clickpost®

O parafuso do sistema do Clickpost® atravessa todos os elementos até à porca, e cria pressão evitando a separação dos mesmos. Antes da finalização do aperto do parafuso, a mola permite aos elementos 3 e 4 uma folga. Esta folga possibilita a estes elementos quer uma movimentação lateral, para ajuste do ângulo do selim, quer um movimento de separação entre o elemento 3 e 4, que vai facilitar a colocação do selim.

A existência da folga entre os elementos 4 e 5, viabiliza a movimentação lateral entre eles, no entanto, quando os elementos ficam sujeitos a pressão pelo parafuso, a movimentação lateral referida anteriormente é restringida.

3.2.3.2 Poste de selim rígido

Uma das restrições da empresa foi a elaboração de um poste de selim do tipo rígido, ou seja, sem nenhum tipo de elemento de amortecimento, contando apenas com a deflexão causada pela geometria e pelo material empregue.

Para além deste tipo de postes de selim, existem também os *droppers* e postes de selim com suspensão.

Os *droppers* possuem um componente hidráulico que permite ao utilizador a regulação instantânea da altura do seu selim e uma manivela no guiador, que controla a subida e a descida do mesmo. O facto de o selim estar rebaixado, ajuda a posicionar o peso do corpo mais sobre a roda traseira, de maneira a melhorar o controlo e a distribuição de peso. Quando o selim está subido, ou seja, quando este se encontra na posição normal, otimiza a dinâmica da pedalada. Estes tipos de poste de selim são mais utilizados em bicicletas de Enduro para terrenos montanhosos.

Os postes de selim com suspensão adicionam conforto à bicicleta através da instalação de molas internas ou outros sistemas de amortecimento, que permitem o deslocamento do selim. No entanto, com a adição de elementos de amortecimento nos restantes componentes da bicicleta, o uso dos postes de selim com suspensão caiu em desuso (Mcdowell, 2016).

3.2.3.3 Medidas gerais padrão

O diâmetro do tubo é a dimensão mais importante e que melhor caracteriza o poste de selim. Este deve corresponder ao diâmetro interno do tubo do selim presente no quadro. O diâmetro padrão mais utilizado é de 27,2 mm, podendo existir diâmetros até aos 31,6 mm.

Os postes de maior diâmetro apresentam maior resistência à flexão e maior rigidez, permitindo ao ciclista a transferência da potência mais eficaz para os pedais da bicicleta. No entanto, um poste de selim mais estreito é considerado

mais confortável em superfícies mais irregulares, porque permite uma maior flexão.

Uma das vantagens da utilização de um tubo do poste de selim com a medida padrão é que, mesmo que o tubo do quadro da bicicleta apresente um diâmetro acima dos 27,2mm, existem calços para compensar a diferença dos diâmetros entre os dois tubos (do poste de selim e do quadro). É de destacar que, no caso contrário, o tubo do quadro da bicicleta com a medida padrão e o tubo do poste de selim com um diâmetro superior, o encaixe entre os dois tubos seria inviável de efetuar.

O comprimento do poste de selim é apenas uma consideração adicional. Os postes de selim com comprimentos elevados são normalmente considerados mais confortáveis. No entanto, existe a possibilidade de serem demasiado grandes e poderem sair fora do tubo do quadro, dependendo do tamanho deste e da sua geometria. O excesso do tubo do poste de selim que fica de fora pode ser cortado, mas esta ação não é recomendada. Para além deste problema, é de destacar também que o excesso de peso que um tubo com grande comprimento pode causar, é inadequado para uma bicicleta que se pretende produzir para um ciclista de alta competição.

Uma questão essencial é que o poste de selim tenha uma quantidade mínima de comprimento dentro do quadro, como se encontra demonstrado na Figura (34), de modo diminuir o efeito de alavanca, dado que este pode levar à abertura de rachas no quadro. Os postes de selim possuem normalmente uma marca que indica a medida mínima de “inserção” no quadro (Mcdowell, 2016).

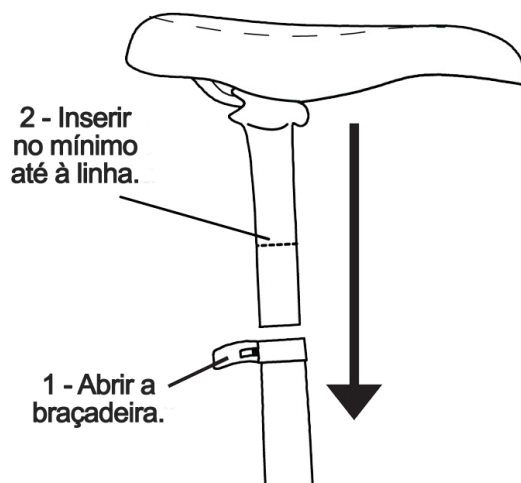


Figura 34 - Instalação de um poste de selim.

3.2.4 Reclamações dos clientes

As reclamações dos clientes traduzem a falta de contentamento em relação a algum aspeto do produto. A análise dos aspetos negativos do produto manifestados pelos clientes proporciona oportunidades para criar novos produtos otimizados. Assim sendo, realizou-se um levantamento das reclamações dos utilizadores de postes de selim da concorrência, tendo como foco os aspetos menos bons mais comuns.

3.2.4.1 Relação peso/custo

A reclamação mais frequente é a relação peso/custo. Este rácio depende primeiramente do material utilizado nos componentes, e, depois do design do próprio produto.

Assim sendo, considerando um poste de selim de alumínio, com um peso aceitável, até aos 290 gramas, o seu preço poderá rondar os 30€. No entanto, se o poste de selim for de maior qualidade, poderá custar 100€, contendo um peso aceitável até 230 gramas.

Para um poste de selim em carbono e económico, ou seja, com um preço aproximadamente de 100€, o seu peso aceitável será até 210 gramas, e para produtos de gama mais alta que podem chegar até 250€, o seu peso rondará os 180 gramas.

Estes dois materiais são os mais comercializados dentro do mercado. Existem tentativas de comercializar produtos em titânio, mas ainda é um mercado com pouca relevância e/ou procura (CRC, 2017).

3.2.4.2 Baixa absorção de vibração (desconforto)

Através da comparação direta entre vários modelos de postes de selim, em que a única diferença eram as variáveis que se queriam testar, tais como o material, a existência de recuo e a inclusão de amortecimento/suspensão, pode-se observar as características que ajudam a que um poste de selim se torne mais eficiente na absorção de vibrações.

Entre dois postes de selim de materiais diferentes, especificamente, carbono e alumínio, observa-se que o carbono é ligeiramente mais eficiente pois, segundo valores de testes realizados aos dois materiais, a diferença entre os resultados não é significativa, sendo apenas de 0,1G.

A comparação entre postes com recuo e postes retos, em relação à absorção de vibrações, mostra que os postes com recuo podem absorver até mais 50% que os retos. É de destacar que esta percentagem de absorção é totalmente dependente dos produtores.

A característica que mais impacto tem neste teste é a inclusão de elementos de suspensão ou amortecimento, tais como, materiais elastómeros, sistemas de molas ou hidráulicos, entre outros(Zinn, 2013).

3.2.4.3 Tempo de ajuste do selim

O tempo de ajuste do selim vai depender do tipo de mecanismo que é utilizado para o prender e da forma como é feito o ajuste do ângulo do mesmo.

Os tipos de mecanismos variam no número de parafusos de ajuste e na forma como estão posicionados, exemplos ilustrados na Figura (35). A Figura (35), da esquerda para a direita, mostra um parafuso de ajuste na vertical, pertencente a um mecanismo a que se dá o nome de “Laprade”. Este utiliza um parafuso que prende o selim através do aperto de três componentes: a base de aperto que possui uma superfície curva dentada, na qual assenta outra superfície com a mesma curvatura, também ela dentada, a agarra inferior, e a agarra superior onde assenta a respetiva porca. Mais recentemente, apareceram os mecanismos com um parafuso na horizontal, do qual resulta um aperto entre blocos distintos dispostos lateralmente, sendo o ajuste do ângulo resultante desse aperto e de um bloco intermédio com uma forma circular dentada.

Para além destes mecanismos, existem os sistemas de ajuste através de dois parafusos. Este sistema é chamado de “microadjust”, no qual o ajuste tanto do selim, como do seu ângulo é feito através do aperto dos parafusos. Neste sistema caso se aperte mais o parafuso da frente, o selim ficará inclinado para a frente, e caso se aperte mais o parafuso de trás, o selim inclinará para trás (Brown, 2016).



Figura 35 - Diferentes tipos de mecanismos de ajuste do selim.

3.2.4.4 Acabamento resistente

Os postes de selim não têm um grande impacto na estética de uma bicicleta. Apesar deste facto, é importante que se mantenham com bom aspeto, não só pela coerência com a bicicleta, como também pela perceção de qualidade necessária para conquistar o consumidor no ato da compra. Através da colocação de um acabamento ou de um revestimento, os riscos presentes nos postes relativos à sua utilização seriam evitados, conservando deste modo as marcações, entre outras informações e elementos de estética, tal como a marca e pormenores de grafismo do componente.

3.2.4.5 Falta de inclinação necessária do selim

O selim deve possuir uma margem de inclinação para que o utilizador possa ajustar o mesmo à sua vontade. Esta margem é normalmente pré-regulada nos mecanismos de aperto do selim, sendo que alguns mecanismos apresentam mais facilidade na aplicação deste ajuste, que outros. Dos três mecanismos apresentados anteriormente, o mecanismo mais fácil de regular é o parafuso horizontal, pois é o que permite amplitude de ângulo de ajuste mais variada. Posteriormente, em termos de facilidade de ajuste encontra-se o mecanismo “Laprade”, e por fim o “microadjust”, pois estes são limitados pelo comprimento dos parafusos de regulação, e caso a bicicleta tenha um ângulo do tubo do poste de selim maior, nem sempre se consegue compensar a inclinação do selim e obter-se o ângulo pretendido(SMP, 2014).

A margem de regulação recomendada do ângulo do selim, para os referidos mecanismos, encontra-se apresentada na Figura (36).

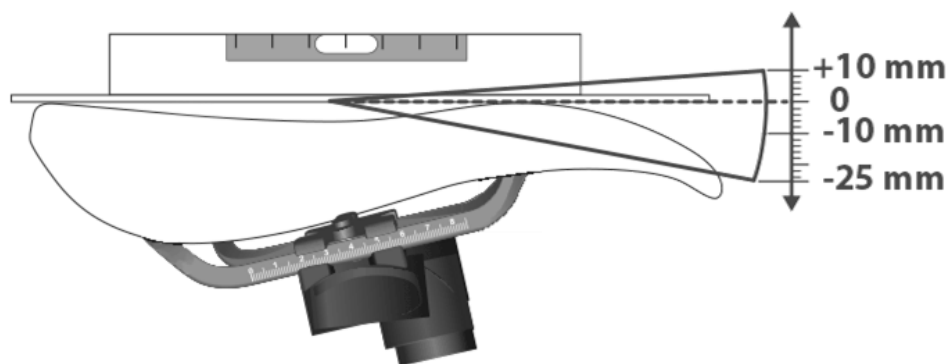


Figura 36 - Margem de regulação do ângulo do selim, editado de: (Caliari e Godi, 2015)

3.2.4.6 Dificuldade na instalação do selim

O design do poste de selim não deve ter em consideração apenas o peso pois podem ocorrer outros problemas tornando o produto desagradável. Como exemplo mostra-se um caso em que a separação da agarra superior do sistema de montagem do selim dificulta a instalação do mesmo, tornando esta ação difícil e demorada(Huang, 2009).

Esta falha de design e técnica na instalação do selim encontra-se representada na Figura (37).



Figura 37 - Exemplo de mau design na agarra superior no sistema de montagem do selim.

3.2.5 FMEA

A Análise do modo e efeito de falha ou simplesmente FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*) é um estudo sistemático e estruturado das falhas potenciais que podem ocorrer em qualquer parte de um sistema para determinar o efeito provável de cada uma sobre todas as outras peças do sistema e no provável sucesso operacional, tendo como objetivo melhoramentos no projeto, produto e desenvolvimento do processo. (Anardino, 2016)

A tabela do FMEA encontra-se no anexo (3), e demonstra as falhas possíveis no sistema, e através deste levantam-se algumas falhas a ter em consideração no desenvolvimento do produto.

3.2.6 Redesign do poste de selim - Desenvolvimento conceptual

Através da informação recolhida, e com base nos resultados na FMEA, foram concebidos *sketches* com a intenção de simplificar e reduzir o tamanho geral do produto, mantendo a sua boa funcionalidade e a melhor aparência possível. Na Figura (38) encontram-se os *sketches* iniciais da conceção do produto.



Figura 38 - *Sketches* iniciais.

3.2.7 Definição geométrica, Modelação 3D e testes FEA

O processo de definição geométrica foi acompanhado quer pela modelação 3D, como pelos testes FEA (Finite Element Analysis, ou seja, Análise de Elementos Finitos). Inicialmente criou-se uma forma base e posteriormente reforçou-se gradualmente as zonas da peça onde os testes acusavam maior fragilidade, com o objetivo de se obter peças resistentes sem a utilização desnecessária de excesso de material. O desenvolvimento da agarra inferior demonstrado na Figura (39), é uma sequência de evolução iniciada na primeira imagem da primeira coluna, que acaba na última imagem da segunda coluna.

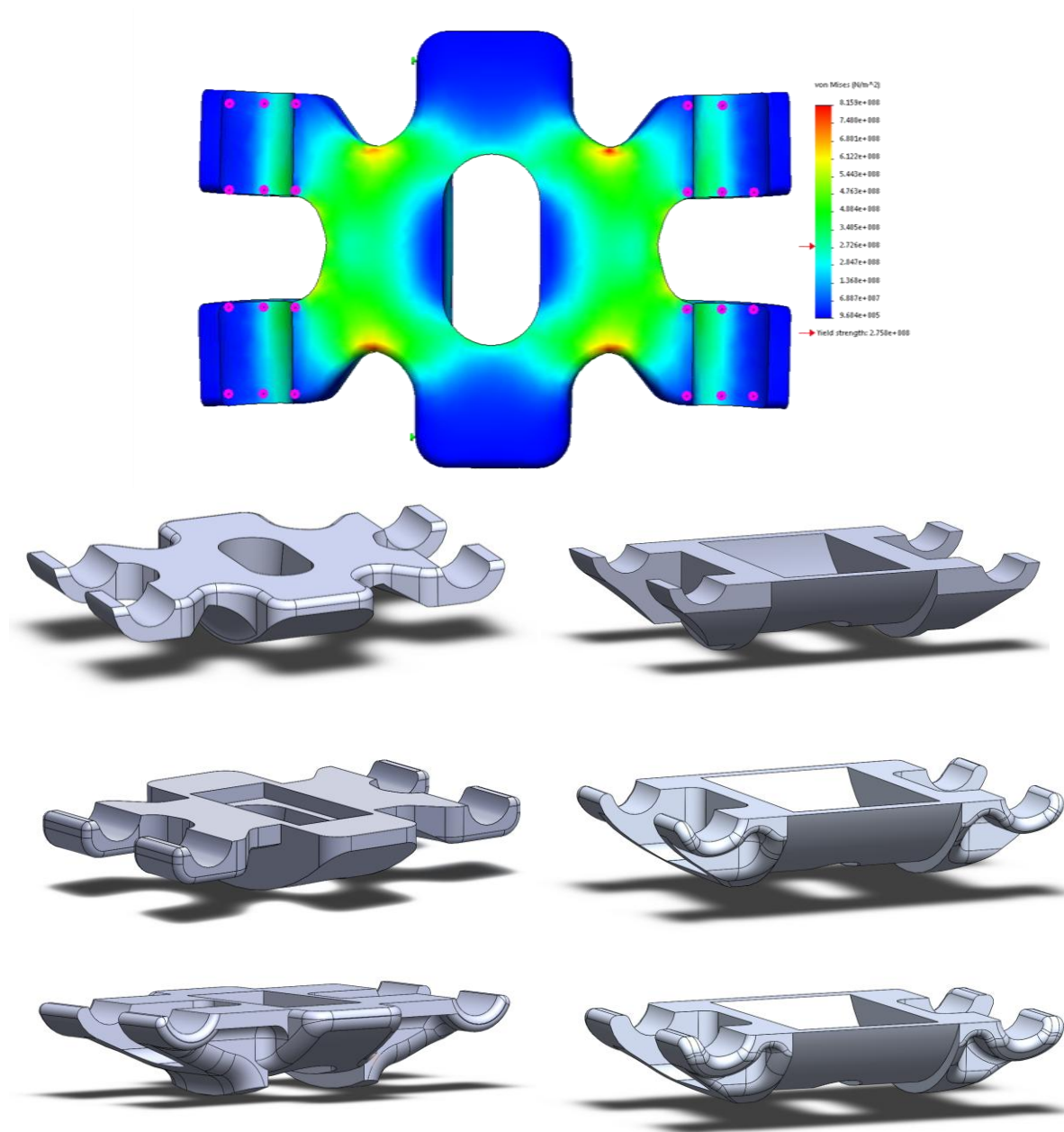


Figura 39 - Testes FEA à agarra inferior.

O desenvolvimento da agarra superior foi semelhante ao apresentado anteriormente. A evolução desta peça está apresentada na Figura (40).

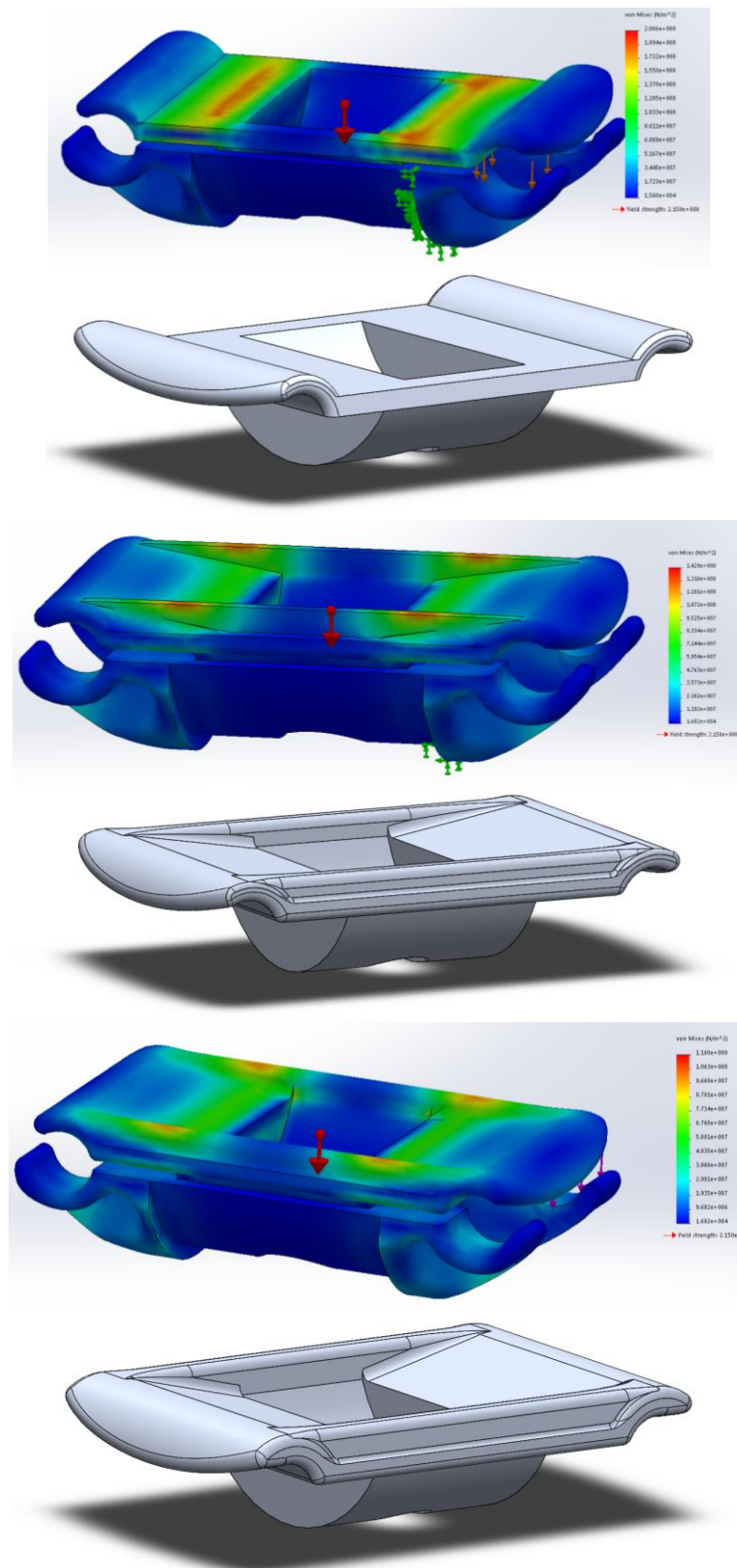


Figura 40 - Testes FEA à agarra superior.

3.2.8 Finalização

Por fim, foram feitos alguns *renders* no programa Keyshot 5, que se encontram apresentados nas Figuras (41, 42 e 43). Na primeira imagemé possível ver com maior detalhe os pormenores do produto, na segundaimagem é feita uma comparação “lado a lado” com o produto antigo, onde se pode observar que a nova versão do produto possui uma forma mais “*slim*” tornando-o mais apelativo, e na última figura pode-se observar o produto em ambiente de utilização.



Figura 41 - *Render* das vistas do produto.

versãointiga

versãonova



Figura 42 - Comparação entre o antigo produto e o produto desenvolvido.

O novo poste está atualmente com um peso de 148g, sendo muito mais leve que os postes da concorrência, mas visto o projeto ainda necessitar de desenvolvimento, este poderá vir a aumentar.



Figura 43 - Produto em ambiente de utilização, editado de:(Nicholas, 2016)

3.2.9 Conclusões

O projeto proposto pela empresa Miranda & Irmão consistiu no redesenho do poste de selim *clickpost*® produzindo na empresa, de maneira a torná-lo competitivo no mercado.

Neste projeto foram analisadas as reclamações dos clientes em relação a produtos semelhantes ao mesmo, tais como relação peso/custo, baixa absorção de vibração, tempo de ajuste do selim, acabamento resistente, falta de inclinação suficiente e a dificuldade de instalação.

Após o desenvolvimento conceptual, passou-se para o CAD, onde mais facilmente se podiam verificar os problemas e clarificar medidas.

Através da Análise de Elementos Finitos podemos verificar a exequibilidade, assim como fazer otimizações em relação ao peso e à geometria.

O resultado deste estudo foi um selim esteticamente mais agradável, mantendo o sistema de encaixe e a resistência do anterior. Este projeto encontra-se numa fase inicial de prototipagem, onde se poderá verificar a viabilidade do produto e a interação entre os seus componentes. De seguida será necessário também a aplicação de alguns testes numa pequena série onde sejam aplicados os materiais e os métodos de produção finais.

O eventual sucesso e aceitação deste produto por parte dos utilizadores, poderá revitalizar a gama dos postes de selim, e quem sabe a possibilidade de continuar a expandir a mesma, quer aplicando novos métodos de aperto, quer utilizando novos elementos de amortecimento.

4 Projeto autoproposto - Projeto do quadro

4.1 Contextualização

“O quadro é o coração e a alma de uma bicicleta. Transforma a pedalada em movimento, guia as rodas para a direção pretendida, e ajuda a absorver os impactos das ruas. O quão bem o quadro irá fazer essas ações é determinado pelos materiais do qual é constituído, pelo seu *design*, e pelo seu método de produção” (Ballantine, 2000). Inspirado nesta frase, pretende-se para o projeto do quadro de bicicleta a criação de uma relação única entre o ciclista e a sua bicicleta, de forma a promover a melhor experiência possível ao seu utilizador.

Este projeto nasceu de uma proposta de tese originalmente descrita como: - A utilização da fabricação aditiva no desenvolvimento de uma bicicleta. Esta, com o avançar do seu desenvolvimento, foi-se tornando mais específica, optando-se apenas pelo desenvolvimento de um quadro de bicicleta. Foi necessário optar por um tipo de bicicleta e o tipo escolhido foi a bicicleta de estrada.

4.2 Estado Da Arte Da Bicicleta Customizada

A bicicleta customizada emerge praticamente ao mesmo tempo do surgimento da mesma. As bicicletas refletem uma individualidade patente ora por motivos técnicos (melhoramento da performance), ora simplesmente como forma de distinção do seu proprietário, num sentido de estatuto. Por vezes estas modificações caracterizam-se meramente por pequenos detalhes cuidadosamente aplicados (Heine, 2009).

Estas bicicletas têm estado presentes na história e têm evoluído ao longo dos anos, a par com as bicicletas normais. Dois dos criadores mais famosos deste tipo de veículos, Alex Singer e Rene Herse, são os mais referenciados da era moderna. Alex Singer começou a sua carreira como ciclista profissional e, posteriormente, dedicou-se à fabricação de bicicletas. Alex juntou-se a Ernest Csuka e, em conjunto, criaram o Cycles Alex Singer, uma das principais lojas de construção de quadros de bicicleta de França, tendo ganho uma considerável reputação em quadros de corrida, de turismo e *tandem*, elegantes e robustos, com detalhes inovadores para o seu tempo, como demonstra a Figura (44).

Após Rene Herse deixar a indústria aeronáutica nos anos 30, as inovações de *design* e qualidade de fabricação de bicicletas tornaram-no um líder neste campo e, nos dias de hoje, é considerado a figura principal da "idade de ouro" do ciclismo. Atualmente, algumas bicicletas René Herse são tão cobiçadas como um Vintage Bugatti ou uma Brough Superior.

As bicicletas customizadas possuem uma boa construção, logo têm uma durabilidade elevada, sendo que uma bicicleta em boas condições deste estilo pode custar entre 5 mil a 10 mil euros(Leddin, 2011, 2011).



Figura44 – Alex Singer Randonneur(Cycleexif, 2011)

Em Portugal existe mercado para bicicletas customizadas. Um exemplo desse sucesso é do século XXI, o *designer* Dinis Ramos.

Dinis Ramos, mais conhecido por “Noca”, residente da Gafanha da Nazaré, começou por criar bicicletas para si mesmo, mas o seu trabalho ganhou seguidores, começando a surgir encomendas de todo o país e do estrangeiro. Dinis Ramos aceitou o desafio e começou a criar bicicletas, como a que se encontra representada na Figura (45). No entanto, não demonstrou interesse em expandir o negócio uma vez que pretende manter uma relação pessoal com cada projeto, o que apenas lhe permite produzir cerca de uma dezena de bicicletas em três anos (Santana, 2012).



Figura 45 – Bicicleta MUDE, por Noca Ramos (Malta, 2013)

Como se pode constatar, o processo de criação destas bicicletas é bastante demorado, mas com o desenvolvimento das tecnologias e a maior facilidade no contacto com as mesmas, será possível torná-lo mais ágil.

4.3 A Impressão 3D

No final dos anos 80, apareceram as primeiras tecnologias de Impressão 3D, denominadas de tecnologias de prototipagem rápida (PR), isto porque foram criadas como sendo um método mais rápido e económico na criação de protótipos para desenvolvimento de produtos industriais.

O primeiro pedido de patente para uma tecnologia de PR foi feito no Japão pelo Doutor Kodama, no entanto não foi registada no prazo de um ano porque o pedido de patente não estava completo. Assim sendo, a primeira patente pertence a Charles Hull que inventou a Stereolithography Apparatus (SLA) em 1983 e foi cofundador da 3D Systems Corporation que hoje em dia é uma das maiores empresas na área da Impressão 3D.

Outras tecnologias e processos de Impressão em 3D também surgiram nos anos 90, tais como, a Fabricação de Partículas Balísticas (BPM) originalmente patenteada pela William Masters, Laminated Object Manufacturing (LOM) originalmente patenteada por Michael Feygin, Solid Ground Curing (SGC) originalmente patenteado por Itzhak Pomerantz e 'Impressão Tridimensional' (3DP) originalmente patenteada por Emanuel Sachs. Deste modo, no início dos anos 90 testemunhou-se um número crescente de empresas concorrentes no mercado PR, sendo que apenas três empresas permaneceram até aos dias de hoje - 3D Systems, EOS e Stratasys.

Apenas em janeiro de 2009, surgiu a primeira impressora de mesa baseada na deposição de material e numa filosofia de Open Source, após um extenso investimento.

Atualmente, este processo aditivo revela um potencial impacto na indústria, dada a sua capacidade de obtenção de geometrias complexas em formas únicas, com um custo de ferramenta reduzido.

4.3.1 Tipologias de Impressão 3D

Estão disponíveis no mercado um grande número de processos aditivos que se diferenciam pela maneira como geram as camadas do produto e nos materiais utilizados para o mesmo. As principais características a ter em conta na escolha de uma máquina de Impressão 3D são geralmente a velocidade, os custos da impressora 3D, os custos dos materiais que a impressora utiliza e a possibilidade de efetuar impressões a cores (Tabela 5).

Tabela 5 - Tipologias de impressão 3D

Tipo	Tecnologias	Materiais
Extrusão	Fusão e Deposição de Material (FDM) ou Fabricação por Filamento Fundido (FFF)	Termoplásticos, metais eutéticos, materiais comestíveis, borrachas, barro de modelar, plasticina e argila metálica
	Robocasting ou Direct Ink Writing (DIW)	Materiais cerâmicos, ligas metálicas, cermet, compósitos de matriz metálica e compósitos de matriz cerâmica
Polimerização por luz	Estereolitografia (SLA)	Fotopolímeros
	Processamento de Luz Direta (DLP)	Fotopolímeros
Cama de pó	Cama de Pó e Cabeça de Impressão 3D (3DP)	Praticamente todas as ligas metálicas, pós de polímeros e gesso
	Fusão por Feixe de Eletrões (EBM)	Praticamente todas as ligas metálicas incluindo ligas de titânio
	Derretimento Seletivo a Laser (SLM)	Ligas de titânio, ligas de cromo de cobalto, aço inox e alumínio
	Sinterização Seletiva por Calor (SHS)	Pós termoplásticos
	Sinterização Laser Seletivo (SLS)	Termoplásticos, pós metálicos e pós cerâmicos
	Sinterização a Laser Direta em Metal (DMLS)	Praticamente todas as ligas metálicas
Laminado	Manufatura Laminar de Objetos (LOM)	Papel, folha metálica e filme plástico
Alimentação de pó	Deposição de Energia Direta (DED)	Praticamente todas as ligas metálicas
Fio	Fabricação Livre por Feixe de Eletrões (EBF)	Praticamente todas as ligas metálicas

4.4 Desenvolvimento do projeto

4.4.1 Constrangimentos / *Project Brief*

Descrição do produto	Quadro de bicicleta
Objetivos estratégicos	Aproveitamento do aspeto potenciador da tecnologia de impressão 3D para produção personalizada (por medida) e abertura da empresa a novos mercados.
Mercado alvo	Ciclistas esporádicos / ocasionais
	Masculino
	Semiprofissional / amador
	Para prática recreativa
	Idades entre os 20 e os 40 anos
Mercado secundário	Transporte urbano pessoal
	Prática de turismo
Restrições e pressupostos	Para utilização em pavimento de estrada
	Produção à medida do utilizador
	Utilização de tecnologia de fabrico aditivo
Stakeholders	Empresa (Miranda & Irmão Lda.)
	Stratasys

4.4.2 Casos de estudo

Os casos de estudo em seguida expostos possuem características semelhantes às propostas neste projeto, podendo identificar os fatores principais que caracterizam cada caso, os aspectos críticos, e avaliar cada uma das direções tomadas, podendo especificar um curso de ação alternativo para este projeto.

O primeiro caso de estudo é um projeto desenvolvido pela empresa Renishaw para a Empire Cycles. Este projeto consistiu na criação de um quadro de bicicleta que fosse otimizado em peso e resistência de forma a aguentar percursos de montanha.

O quadro foi impresso por partes com encaixes, para poder ser impresso num tabuleiro de impressão como demonstra na Figura (46). A técnica de impressão utilizada foi *Selective Laser Melting* ou *SLM*, com a impressora AM250. O material utilizado foi *Titanium 6Al-4V Grade 23* (MatWeb, [s.d.]), que possui valores elevados de força de tensão, de maneira a poder aguentar os testes *standard* de bicicletas de montanha EN 14766, onde o quadro aguenta 50000 ciclos a 1200 N.

Em relação ao peso, embora mais denso que o alumínio, com o redesign do quadro através da Impressão 3D, conseguiu-se reduzir o peso de 2100g para 1400g, uma redução de 33% (Renishaw, 2014).

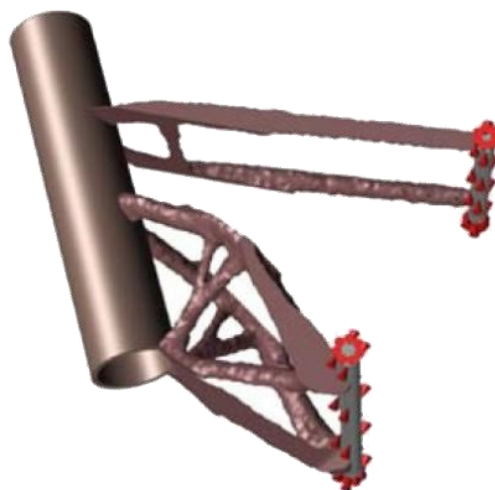


Figura 46—componentes de um Quadro de bicicleta impresso em 3D (Waterman, 2014)

Outro fator interessante neste caso de estudo é a utilização de um programa de otimização topológica, apresentado na Figura (47), que combina o Método de Elementos Finitos com fórmulas matemáticas de otimização. O programa utilizado foi o Altair's solidThinking Inspire.



1. Modelo CAD de um tudo de selim desenhado para fundição em alumínio



2. Optimização topológica utilizando o software solidThinking da Altair's



3. Redesenho pela Empire Cycles utilizando o CAD otimizado como modelo base



4. Produção em Titânio num sistema Renishaw AM250 de impressão a laser

Figura 47 - Exemplo de otimização topológica (Basiliere, 2014)

Deste projeto, o que pode ser retido, é a ideia de otimização utilizada no quadro, assim como a possibilidade de dividir o quadro em peças, no entanto, é pouco provável a utilização do titânio devido ao seu elevado custo.

O segundo caso de estudo é da empresa ColorFabb, onde foi criado um quadro de bicicleta num polímero reforçado com 20% fibra de carbono, apresentado na Figura (48).

Este projeto foi desenvolvido tanto para testar o equipamento e o filamento da empresa, como para desenvolver um quadro facilmente alterável, tanto em relação às suas medidas, como na possibilidade de escolher o material dos tubos.

Este projeto embora testado em ambiente normal, não foi submetido às normas dos quadros para testes rigorosos, pois o produto de venda não é o quadro, mas sim o filamento de impressão.

A técnica de impressão utilizada foi *Fused Deposition Modeling* ou FDM, com a impressora *Ultimaker Original+*. O filamento utilizado é o XT-CF20 (Colorfabb, [s.d.]). O resultado do projeto foi um quadro resistente com um peso aceitável.



Figura 48—Quadro protótipo Colorfabb XT-CF20 (Schurmann, 2015)

Este projeto é um caso de estudo interessante pois possibilita a rápida e fácil criação de um quadro, como também se apresenta como uma solução mais económica comparativamente ao projeto analisado anteriormente. Contudo, a falta de desenvolvimento da solução revela-se como a grande falha no sentido da implementação e consequente passagem nas normas aplicadas a este tipo de produtos.

4.4.3 Mercado Alvo

O mercado alvo será composto por utilizadores do sexo masculino, amadores ou semiprofissionais, que andam individualmente ou em pequenos grupos, em trajetos com nenhum ou baixo tráfego e que possuam graus de dificuldade que progressivamente consigam ultrapassar.

Em relação ao tempo de utilização, estes utilizadores caracterizam-se pela utilização da bicicleta esporádica ou ocasionalmente, em deslocações de curta a média distância e a uma baixa velocidade.

Para outro tipo de utilizadores, a velocidade a atingir poderá ser uma característica preponderante, no entanto, para este público alvo, o facto de possuir uma bicicleta personalizada, que reflita o seu gosto pessoal, pode ser um fator a considerar.

A prática recreativa do ciclismo é normalmente envolta em ambientes calmos que permitem o repouso e a fruição por parte do utilizador, tornando a bicicleta um meio de deslocação privilegiado para passear e conhecer uma região, o seu património natural e cultural, utilizado predominantemente nos meses menos frios.

4.4.4 Restrições e pressupostos – Pesquisa

4.4.4.1 Escolha do tipo de bicicleta

Hoje em dia existem bastantes tipos de bicicletas com atributos e objetivos diferentes. Assim sendo, resumidamente, aqui ficam alguns desses tipos e as respetivas características:

- **BMX:** as BMX são bicicletas de tamanho reduzido, tornando-se mais fáceis de manusear para a execução de truques. São bicicletas leves e costumam ser altamente customizadas. Existem parques próprios para execução das manobras com este tipo de bicicletas.
- **Downhill:** as bicicletas de downhill são bicicletas equipadas com sistemas avançados de amortecimento, pois são utilizadas em terrenos com grande declive e têm de suportar grandes impactos. Devido à elevada resistência exigida, estas bicicletas tornam-se pesadas e bastante caras.
- **E-Bike:** E-Bike ou bicicletas elétricas, são bicicletas que possuem um motor elétrico que assiste o ciclista na pedalada, reduzindo o desgaste

físico do utilizador. Estas bicicletas, devido ao motor e baterias são bastante pesadas e dispendiosas. Normalmente são utilizadas em ambiente de estrada e cidade, mas têm aparecido modelos desportivos.

- Fixie: as Fixies são bicicletas que apenas possuem uma velocidade. Normalmente o seu estilo é muito retro, e são cobiçadas mais pelo aspeto estético que pelas suas características de performance. São utilizadas para pequenas deslocações.
- Bicicleta de montanha: as bicicletas de montanha são as bicicletas mais comuns pois podem facilmente adaptar-se a qualquer tipo de terreno, sendo por isso bastante práticas. No entanto, as bicicletas de montanha da gama profissional também são das mais caras, pois também têm de percorrer terrenos difíceis.
- Bicicleta reclinada: são designadas de bicicletas reclinadas devido à posição do utilizador, que se encontra praticamente deitado, numa posição mais confortável. Podem ter duas ou três rodas. São utilizadas maioritariamente para passear.
- Bicicleta de estrada: as Bicicletas de estrada são fabricadas para a otimização da performance principalmente em relação à velocidade e ao peso. São bastante utilizadas a nível profissional para provas de ciclismo, mas também são muito utilizadas como veículo lúdico e meio de manter a forma física. Tal como o nome indica são para ser utilizadas em pavimentos alcatroados e fazer muitos quilómetros a altas velocidades.

O tipo de bicicleta escolhido para desenvolver neste projeto foi a bicicleta de estrada. A escolha teve por base a grande utilização deste tipo de bicicleta nas atividades do mercado alvo, sendo que a mesma pode ser utilizada quer desportivamente, querem deslocações mais casuais.

4.4.5 Conceito de um quadro de bicicleta “por medida”

4.4.5.1 Análise ergonómica e antropométrica

O desenvolvimento de um produto que está relacionado com as dimensões variáveis do corpo humano, implica um importante estudo de ergonomia para prevenir desconforto ou até lesões ao utilizador. Sendo que cada utilizador tem uma fisionomia única, já existem algumas práticas e regras no desenvolvimento de quadros de bicicletas de estrada que permitem a adaptação do produto, como demonstra a Tabela (6) e a Figura (49).

Tabela 6 – Tabela de medidas para um quadro de estrada, tendo em conta o tamanho do utilizador

TAMANHO		XS	S	M	L	XL	2XL
A	Altura do selim (mm)	664-764	704-804	735-835	762-862	784-884	810-910
B	Tubo do selim (comp.)	465	505	537	563	585	610
C	Tubo superior (comp.)	525	537	549	566	583	600
D	Testa (comp.)	125	138	150	170	190	210
E	Ângulo da coluna de direção	72°	72,5°	73,25°	73,25°	73,25°	73,25°
F	Ângulo do tubo de selim	74º	73,8º	73,5º	73,2º	72,8	72,5º
G	Escora (comp.)	407	407	410	410	412	412
H	Distância entre eixos	965	973	978	995	1012	1029
I	Stack	531	546	560	579	598	617
J	Alcance	368	375	383	395	406	417

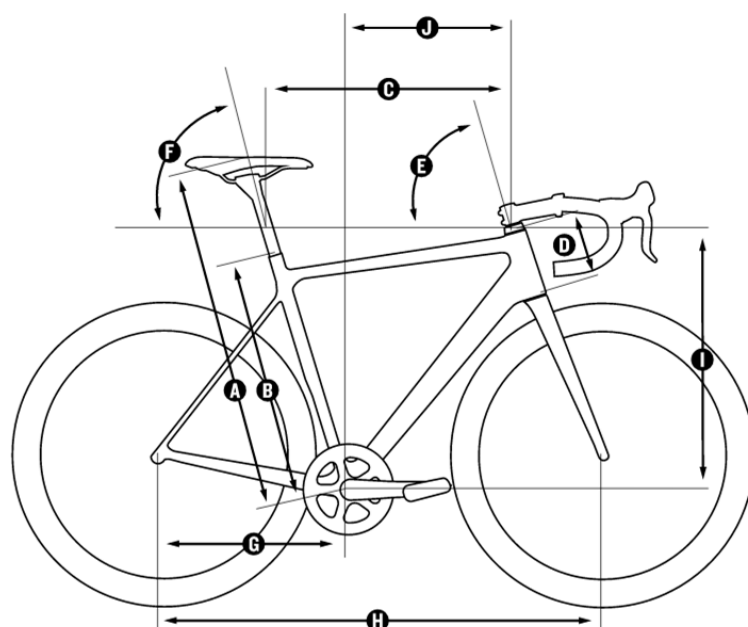


Figura 49 - Esquema das dimensões do quadro (Canyon, 2017)

O facto de ser produzido por impressão 3D, vai potenciar a personalização das medidas do quadro, ajustando-o à dimensão do seu utilizador, como

também às características que pretende otimizar, um método já adotado pela “Bastion Cycles”. (Bastion Cycles, 2017)

Na Figura (50) seguinte está representada a postura do utilizador de uma bicicleta de estrada. Embora possa existir uma variação dependendo da condição de utilização, esta é a posição que melhor caracteriza o ciclista de estrada.

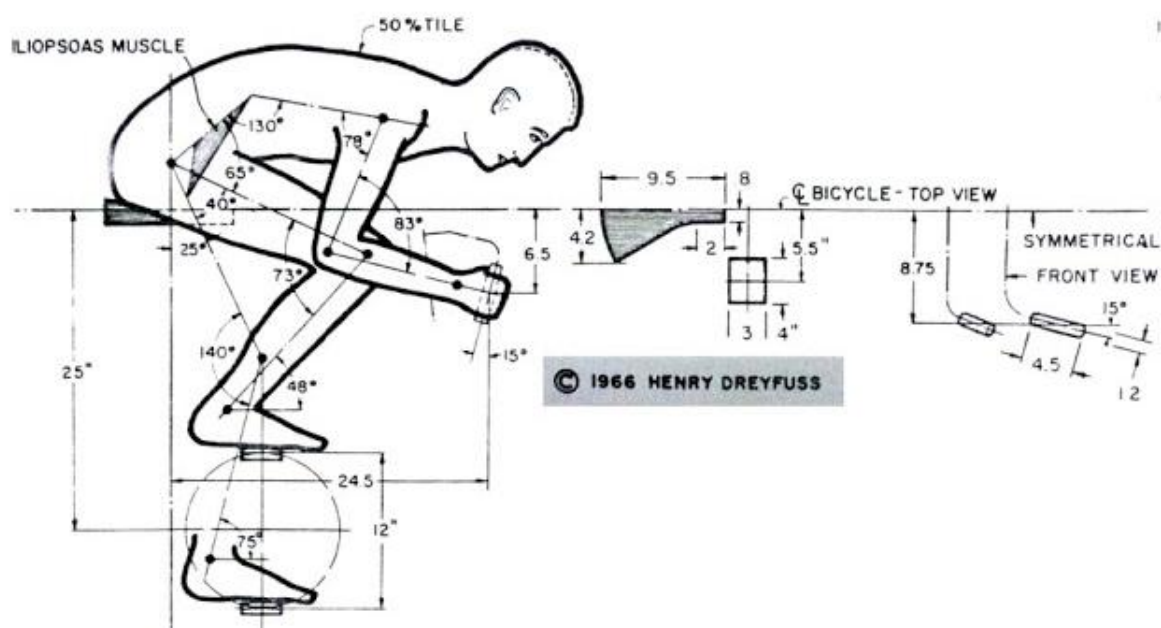


Figura 50 - Postura característica do ciclismo de estrada (Dreyfuss, 1966)

Este projeto para realização de um protótipo, vai focar-se num adulto de 173cm de altura, podendo assim retirar as medidas necessárias para a construção do quadro. Esta medida está na categoria de tamanho M(Young, [s.d.]).

4.4.5.2 Tecnologia de impressão aditiva no *design* de produto

A impressão 3D combina o melhor dos mundos de revolução pré e pós-industrial: a facilidade de criar produtos usando uma máquina com um alto nível de singularidade, um pouco como a produção artesanal que culmina em produtos únicos. Desde que cada artigo é produzido separadamente, o designer pode ajustar o seu projeto para criar muitas variações do produto (na cor, na forma ou no detalhe) sem afetar o custo. A marca Normal, que cria auriculares individualmente personalizados e a Organovo, que desenvolve órgãos de transplante que combinam perfeitamente com um paciente específico, são exemplos de empresas que atualmente adotaram esse modelo de

"personalização" (Designit, [s.d.]). Na Tabela (7) estão discriminados os benefícios/desafios da impressão 3D.

Tabela 7 - Benefícios e desafios da impressão 3D (Grynol, 2013)

	Benefícios da impressão 3D	Desafios da impressão 3D
Prototipagem rápida	A produção de uma peça única é económica, pois não necessita de molde ou ferramentas tradicionais.	As impressoras 3D mais acessíveis, produzem peças de menor qualidade que as feitas por métodos tradicionais.
Prazos de entrega reduzidos	Os prazos de entrega podem ser reduzidos devido á velocidade de produção curta	---
Rápida inovação	Novas inovações podem ser criadas e revistas rapidamente visto a impressão 3D ser um processo iterativo.	---
Rápida manufatura	Fácil gestão do <i>stock</i>	Depende do tipo de impressora, pois pode ser lenta na criação de uma grande quantidade de produtos.
Redução de sobrecarga	Gastos em inventário e no armazenamento do mesmo não seriam necessários, pois são impressos quando necessários.	---
Customização em massa	Os produtos podem ser customizados por uma razão ou criados numa pequena série.	Poucos materiais podem ser impressos para produção comercial
Produção em massa	Produtos únicos anteriormente impossíveis de produzir por métodos tradicionais, podem ser produzidos em massa.	Enquanto que os métodos tradicionais podem produzir largas escalas de produtos como tubulações, a maioria das impressoras 3D não podem.
Utilização de materiais únicos	Materiais como tecido humano, podem ser impressos em 3D	---
Objetos de grande volume	---	O custo de produção de objetos de grande volume pode ser bastante elevado através da impressão 3D.

4.4.5.3 *Design for manufacturing* na tecnologia de impressão aditiva

Para a escolha de uma técnica de impressão é necessário ter em conta a escolha do material a utilizar e vice-versa. Já existe uma gama bastante completa de diferentes materiais para impressão 3D, sendo a adequação das suas características à utilização final do objeto impresso, o fator essencial a ter em conta na hora da escolha.

Plásticos para prototipagem – Plásticos acessíveis, duráveis e amplamente disponíveis como o ABS e PLA.

Resinas de alto detalhe – Para *designs* complexos e esculturas com um acabamento suave.

SLS nylon – Protótipos funcionais e peças para utilização final em nylon sintetizado a laser.

Nylon reforçado com fibras – Componentes mecânicos fortes como o metal, ao preço do plástico.

Plástico opaco rígido – Protótipos realistas com excelentes detalhes e alta precisão.

Plástico tipo borracha – Simula a borracha com diferentes níveis de elasticidade.

Plástico transparente – Peças transparentes e protótipos.

Polipropileno simulado – Protótipos duráveis que se parecem e comportam como polipropileno.

ABS simulado – Moldes de alta precisão com a tenacidade do ABS

Plástico resistente ao calor – Protótipos resistentes a temperaturas até 80°C

Arenito a cores – Modelos e esculturas foto-realistas a cores em pequena escala.

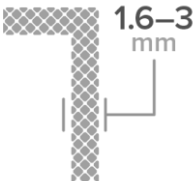
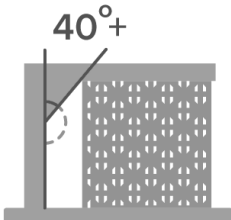
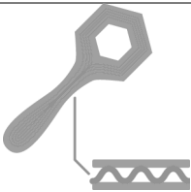
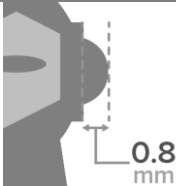
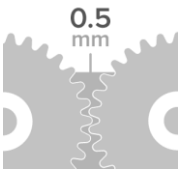
Metais industriais – Metais e ligas industriais para protótipos e peças para utilização final.

(Redwood, 2016)

<i>Grupos de materiais</i>	<i>Método de Impressão</i>	<i>Materiais comuns</i>	<i>Preço</i>
<i>Plásticos para prototipagem</i>	FDM	PLA, ABS, PET, Nylon	\$
<i>Resinas de alto detalhe</i>	SLA e DLP	Standard, tough & flexible resins	\$\$
<i>SLS Nylon</i>	SLS	Nylon 12	\$\$\$
<i>Nylon reforçado com fibras</i>	FDM	Nylon with carbon, kevlar or fibreglass	\$\$\$
<i>Plástico opaco rígido</i>	Polyjet	Rigid opaque Vero family	\$\$\$\$
<i>Plástico tipo borracha</i>	Polyjet	Tango family	\$\$\$\$
<i>Plástico transparente</i>	Polyjet	VeroClear (RGD810)	\$\$\$\$
<i>Simulated Polipropileno simulado</i>	Polyjet	Rigur (RGD450) & Durus (RGD430)	\$\$\$\$
<i>ABS simulado</i>	Polyjet	RGD515 & RGD535	\$\$\$\$
<i>Plástico resistente ao calor</i>	Polyjet	RGD525	\$\$\$\$
<i>Arenito a cores</i>	Binder jetting	Sandstone, gypsum	\$\$\$
<i>Metais industriais</i>	SLM, DMLS & EBM	Aluminium, titanium, stainless steel, inconel	\$\$\$\$\$

O material que se destaca, dentro das características pretendidas, é o Nylon reforçado com carbono. Este é impresso por FDM, e é utilizado para protótipos funcionais e peças de utilização final. Escolhido o método de impressão e o material a utilizar, é possível saber quais as restrições no *design* que os mesmos impõem, Tabela (8).

Tabela 8 - Restrições no *design* com Nylon reforçado com fibras.

Característica	Descrição
	Espessura da parede – Peças impressas em Nylon puro podem ter espessuras de 1,6 mm, no entanto, se este for reforçado com fibras, precisa de um mínimo de 3 mm para poder imprimir a fibra entre as camadas da parede.
	Suportes – Como cada camada é impressa em cima da anterior, caso existam ângulos superiores a 40 graus, será necessário criar uma estrutura de suporte. Estas estruturas embora não sejam prejudiciais para o projeto, podem acrescentar complexidade ao processo de impressão. As zonas em contacto com material de suporte acabam por ter um acabamento menos suave que o resto da peça.
	Sem peças pequenas e intrincadas - Para reforçar os componentes impressos, a tecnologia CFF imprime um fio contínuo de material de fibra dentro das camadas de nylon. Este fio de fibra precisa ser suficientemente longo em cada camada para fornecer força às peças, portanto, não pode ser colocado em objetos pequenos ou peças intrincadas.
	Detalhe mínimo – O <i>Design</i> de peças impressas em Nylon reforçado com fibras requiere um tamanho mínimo de 0.8 mm no detalhe para que as características sejam visíveis na impressão.
	Peças móveis - É necessária uma folga adequada entre as peças móveis para reduzir a probabilidade de ligação durante a impressão e melhorar o encaixe. Na impressão de Nylon reforçado com fibras é necessária uma medida de 0.5mm para se poderem separar as peças após impressão.

4.4.6 Stakeholders

A empresa Miranda & Irmão LDA. é uma empresa especializada em componentes de bicicletas. A empresa exporta a grande maioria dos seus produtos, principalmente os que produz em maior número. No entanto, a empresa também aceita pequenas encomendas, altamente especializadas, tendo inclusivamente utilizado uma expressão onde se comparavam a “alfaiates” dos componentes de bicicletas.

O presente projeto, consiste num componente de uma bicicleta, especificamente o quadro. Apesar deste não ser um dos componentes que a empresa produz, esta possui, no entanto, o *know-how* para o fazer. Possui igualmente potencialidades de crescimento e expansão, tanto no mercado, como na sua gama de produtos. Sendo assim, este projeto constitui uma proposta para enriquecimento da gama de produtos da empresa.

O projeto pretende seguir a filosofia já existente na empresa, sendo um produto que se ajusta ao utilizador, como os produtos de “alfaiate”, mas pretende também abrir novos caminhos. Esses caminhos estão relacionados com o aparecimento de novas tecnologias, como a utilização da impressão 3D, que aparece ligada cada vez mais ao mercado das bicicletas.

A empresa possuiu uma *Makerbot Replicator 2X*, e possui igualmente uma *object30 prime*, estando em estudo a aquisição uma impressora que possa criar produtos para utilização final.

O quadro será constituído por vários componentes impressos para facilitar a produção através da impressão 3D. Será assemblado na empresa, podendo assim assegurar-se a montagem profissional e, possivelmente, a associação a outros componentes produzidos na mesma.









4.4.7 Benchmarking do quadro de bicicleta

O *benchmarking* é uma análise comparativa de produtos ou de serviços da concorrência, para um produto existente, ou para um setor de uma determinada atividade, no quadro da concepção de um novo produto. Funciona através da listagem dos produtos ou serviços, com os seus critérios de avaliação do desempenho, realizando um estudo comparativo, geralmente em esquema gráfico.

A tabela (9), demonstra uma comparação de diversos quadros, tendo em consideração os seguintes critérios: - preço, peso, material. Os quadros em análise foram escolhidos por cada um ter um conjunto especial de características, sendo que:

- 1 – Quadro de bicicleta de estrada mais económico em Alumínio
- 2 – Quadro de bicicleta de estrada mais económico em Aço
- 3 – Quadro de bicicleta de estrada mais económico em Fibra de Carbono
- 4 – Quadro de bicicleta de estrada mais leve
- 5 – Quadro de bicicleta de estrada mais económico com aplicação de impressão 3D em Titânio, vendido apenas em conjunto com os restantes componentes.
- 6 – Quadro de bicicleta de estrada em Compósito de Magnésio
- 7 – Quadro de bicicleta de estrada em Titânio
- 8 – Quadro de bicicleta de estrada otimizado com aplicação de impressão 3D, em Titânio e Fibra de Carbono.

Tabela 9 - Benchmarking

Número	Preço	Peso	Material	Nome	Imagem
1	262,48 €	1,69K g	6061-T6Al	Brand-X RD-01	
2	586,21 €	2,05K g	Chromoly Steel	Scattante SSR	
3	644,99 €	1,24K g	Toray700 Carbon Fiber	Planet-X Pro.	
4	1.573,99 €	0,95K g	T700 HM-UD Monocoque Carbon Fiber	Vitus Bikes Vitesse VR Road 2013	
5	2.000,00 €	1,60K g	3Al/2,5V Titanium	Flying Machine F-One	
6	3.165,30 €	1,30K g	92% Magnesium composite	Paketa Rocket	
7	3.934,49 €	1,69K g	6Al/4V Titanium	Lynskey R460	
8	6.399,17 €	1,03K g	6Al/4V Titanium and Carbon Fiber	Bastion Road Disc	

Podemos verificar que a variação dos preços se deve, primeiramente aos materiais utilizados, e que a aplicação da tecnologia de impressão 3D acrescenta algum custo aos quadros. Também se pode observar que os menores pesos correspondem aos quadros de fibra de carbono. Sendo que o quadro de bicicleta com aplicação 3D mais económico que se encontra no mercado possui um valor de 2000€, o objetivo do projeto vai ser não ultrapassar esse valor.

4.4.8 Recolha de necessidades

A recolha de necessidades é de extrema importância para o projetista, na medida em que permite o foco nas características do produto, tendo em conta a opinião dos utilizadores relativamente ao mesmo (Eppinger e Ulrich, 2011).

A recolha de necessidades para o desenvolvimento deste projeto foi elaborada através da observação direta, análise de tendências e também da análise do *benchmarking*.

Através destas análises, foi possível verificar que:

- Os utilizadores gostam de produtos duradouros, referindo frequentemente longos prazos de utilização do mesmo quadro (ex. 10 anos);
- A comparação entre os pesos é um fator de enorme relevância, sendo alguns utilizadores conhecidos até por “weight weenies” – “picuinhas do peso”;
- Existe um envelhecimento do *design*, não tanto em relação à forma, mas sim à parte gráfica e materiais de pintura;
- Existem queixas sobre o ressalto de fios de travões, inclusivamente dentro das tubagens;
- Será necessário ter em atenção a facilidade na instalação e manutenção dos cabos de travão;
- Deverá existir um guiamento de cabo na parte inferior do *bottom bracket*;
- Será interessante incluir a possibilidade de poder variar a escolha dos restantes componentes da bicicleta.

4.4.9 Árvore das necessidades

As necessidades recolhidas foram desde logo dispostas numa estrutura organizada hierarquicamente, que contempla três dimensões, chamada árvore das necessidades, presente na Tabela (10). A primeira dimensão corresponde às características, a segunda corresponde aos aspetos técnicos de cada característica, e a terceira é relativa aos detalhes de cada aspeto, ou seja, os requisitos do cliente.

Tabela 10 - Árvore das necessidades- As 8 dimensões da qualidade (Suarez, 2015)

Produto	Desempenho	Confortável
		Proporciona uma postura correta ao utilizador
		Leve
		Fácil de utilizar
		Substituição de componentes do quadro
	Características	Compatibilidade com diferentes componentes
		Compatibilidade com diferentes espessuras de rodas
		Adequado ao meio de utilização
	Durabilidade	Tempo de vida do produto
Produção	Conformidade	Resistente
		Durável
		Economiza volume de transporte
		Preço justificável
	Confiabilidade	Qualidade do equipamento de montagem
		Guia de montagem
Utilizador	Atendimento	Prestação de serviço
	Estética	Esteticamente apelativa
		Personalizável
	Qualidade Percebida	Imagem de marca

4.4.10 Modelo de Kano

O modelo de Kano é uma ferramenta que origina uma priorização das necessidades. Esta ferramenta funciona através da análise da satisfação ou insatisfação do cliente, da análise da performance, e cria um gráfico representativo das necessidades essenciais e das necessidades acessórias. A Figura (51) demonstra o esquema de funcionamento do modelo de Kano.

As necessidades podem ser classificadas em 4 tipos:

Obrigatórias: Atributo inerente ao produto, a sua falta traduz-se em grande insatisfação, mas a sua presença não aumenta a satisfação.

Atrativos: Atributo linear, que se traduz em satisfação caso presente e não causa insatisfação na sua ausência.

Unidimensionais: Atributo de desempenho, em que a satisfação é proporcional ao nível do desempenho e vice-versa.

Indiferentes: Não importa a sua presença ou performance, pois não gera satisfação nem insatisfação.

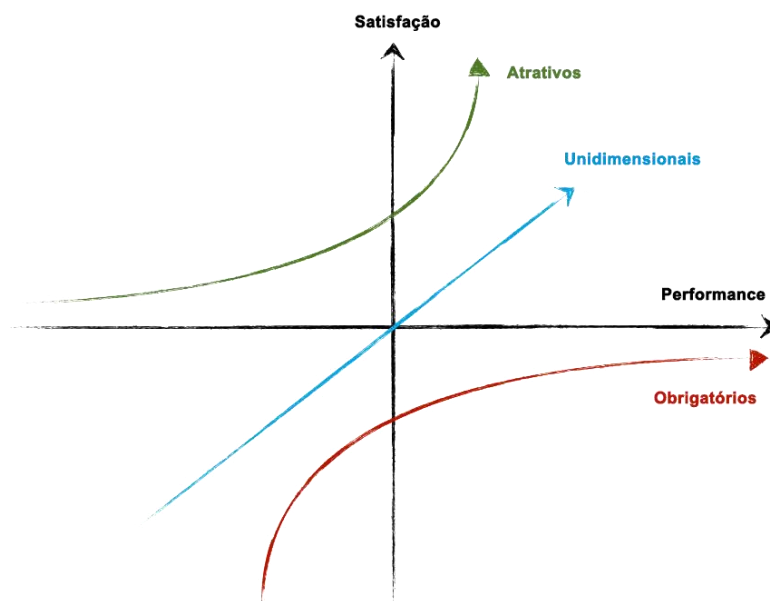


Figura 51 - Gráfico do modelo de Kano(Eriksson, 2013).

Tendo em conta a classificação apresentada, é possível identificar a prioridade de cada uma das necessidades, diferenciando-as nos diferentes tipos.

Para além disso, atribuiu-se valores de priorização (Pi) de maneira a hierarquizar a importância de cada necessidade.

Necessidades	Kano	Pi (priorização inicial)
Confortável	O	16
Postura correta	O	15
Qualidade do equipamento de montagem	O	14
Leve	U	13
Substituição de componentes	U	12
Fácil utilizar	U	11
Compatibilidade entre componentes	U	10
Preço justificável	U	9
Resistente	U	8
Durável	A	7
Tempo de vida	A	6
Compatibilidade com diferentes espessuras de rodas	A	5
Volume de transporte economizado	A	4
Personalizável	A	3
Adequado ao meio de utilização	I	2
Esteticamente apelativa	I	1

Com o modelo de Kano aplicado, obtemos valores de priorização que podem ser utilizados no desenvolvimento do projeto, assim como em outras ferramentas de desenvolvimento, como por exemplo o QFD, ou casa da qualidade.

4.4.11 QFD

O QFD (*quality function deployment*), ou casa da qualidade, é uma ferramenta de projeto, que estabelece relações entre os clientes, o projeto e o mercado. Através da sintetização e cruzamento da informação anteriormente recolhida, cria-se uma matriz de qualidade. Os requisitos identificados e as suas correspondentes especificações técnicas, denominadas métricas, vão permitir ao projetista definir quais os fatores decisivos no desenvolvimento de um produto de sucesso.

Necessidades	Métricas	Unidades
Confortável	Torção do quadro*	Newton por metro (N/m)
Proporciona uma postura correta ao utilizador	Dados antropométricos	Ângulo (º)
Leve	Peso	Gramas (g)
Fácil de utilizar	Tempo de montagem	Segundos (s)
Substituição de componentes do quadro	Nº de ferramentas para instalação do produto	Unidades
Compatibilidade com diferentes componentes	Nº de combinações possíveis	Unidades
Compatibilidade com diferentes espessuras de rodas	Larguras possíveis de via	Milímetros (mm)
Adequado ao meio de utilização	Adaptado a acessórios standard	Lista
Tempo de vida do produto	Tempo de vida do produto	Anos
Resistente	Absorção de choque	N/m
Durável	Resistente a condições meteorológicas	Ciclos de utilização
Economiza volume de transporte	Volume de transporte	Milímetros cúbicos (mm ³)
Preço justificável	Preço Final	Euros (€)
Qualidade do equipamento de montagem	Preço do equipamento de montagem	Euros (€)
Esteticamente apelativa	Nº de cores disponíveis	Unidades
Personalizável	Características personalizáveis	Lista

*(Ogum777,

2010)

No Gráfico (6) estão representados os valores obtidos da análise da avaliação estratégica das necessidades e da comparação com a concorrência, tendo em conta os valores de priorização iniciais.

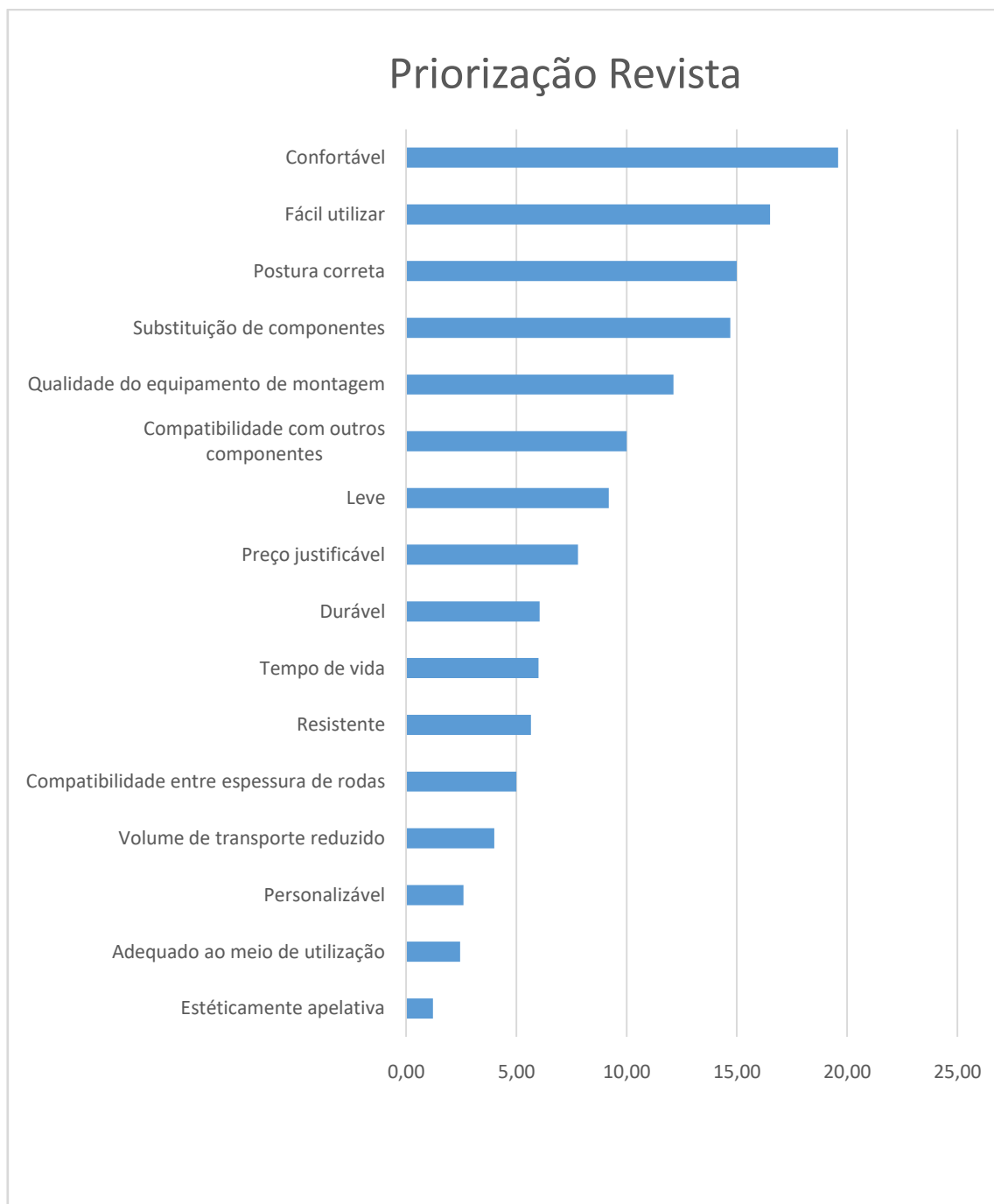


Gráfico 6 - Priorização revista das necessidades

O Gráfico (7) é obtido através da relação das especificações com as necessidades, demonstrando a dificuldade de responder às necessidades, quer por parte deste projeto, como por parte da concorrência.

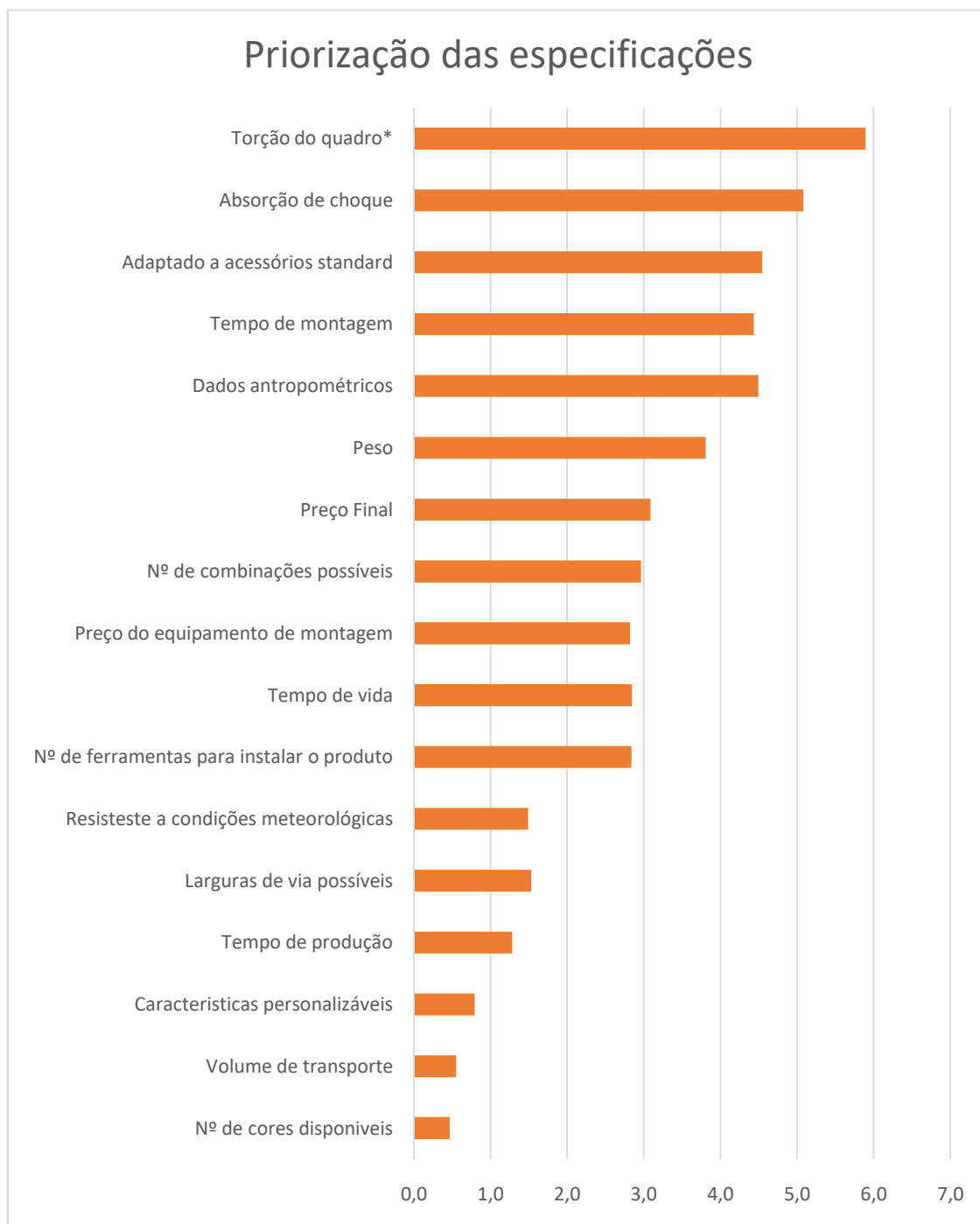


Gráfico 7 - Priorização das especificações

4.4.12 Matriz do produto

A matriz de produto é uma ferramenta semelhante à casa da qualidade, onde se relacionam as mesmas especificações, mas com os diferentes componentes e sistemas existentes no produto. Esta matriz vai resultar numa priorização dos componentes e sistemas a desenvolver, tendo em conta a dificuldade e o tempo de desenvolvimento dos mesmos.

	Torção do quadro	Tempo de vida	Absorção de choque	Resistente a condições meteorológicas	Preço do equipamento de montagem	Dados antropométricos	Peso	Volume de transporte	Larguras de via possíveis	Tempo de montagem	Quantidade de ferramentas	Nº de combinações possíveis	Adaptado a acessórios standard	Preço	Nº de cores disponíveis	Tempo de produção	Características personalizáveis	Importância das partes	Facilidade de desenvolvimento	Tempo de desenvolvimento	Índice de priorização
*IQJ	5,9	2,8	5,1	1,5	2,8	4,5	3,8	0,6	1,5	4,4	2,8	3,0	4,5	3,1	0,5	1,3	0,8				
Caixa de direção	9	3	9	3		3	3	1		1		9	9	3	3	9	3	234	1	1	234
Encaixe do selim	9	3	9	3		1	3	1		3		1	9	3	3	9	3	210	1	1	210
Dropouts	3	3	9	3		1	1	1	9	1			9	3	3	3		159	0,5	0,5	79
Suporte inferior	9	3	9	3		1	3	1	9	3		9	9	3	3	9		245	1	1	245
Barras de suporte	9	3	9	3		9	9	9		1				3	9	1	1	211	0,5	0,5	106
Sistema de montagem	9	9	9	3	9		1	3		9	9			3				234	1,5	1,5	352


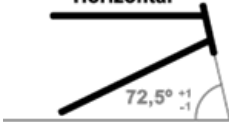








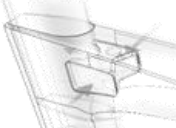

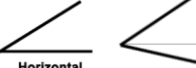









Gráfico 8 - Matriz do produto


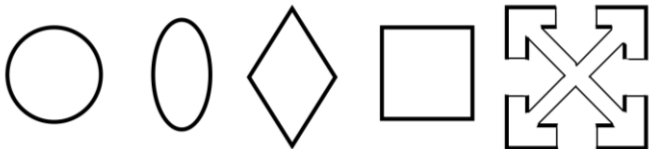











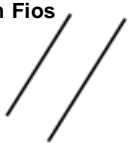

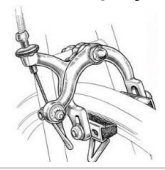

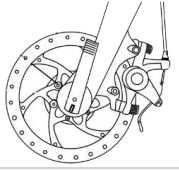



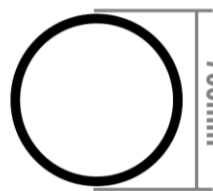
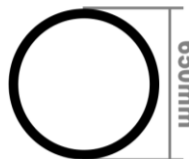


O sistema de montagem, o suporte inferior e a caixa de direção foram os componentes mais influentes em relação às especificações, sendo assim os que precisam de mais tempo de desenvolvimento e apresentam maior complexidade.

4.4.13 Análise Morfológica

Numa fase preliminar á elaboração dos conceitos, a aplicação da análise morfológica permite avaliar as soluções existentes para cada componente e sistemas identificados na matriz do produto (Tabela 11). Esta análise propõe o cruzamento das soluções dos componentes, para inspiração na criação de novos conceitos(Manu, 2013).

Tabela 11 - Análise morfológica

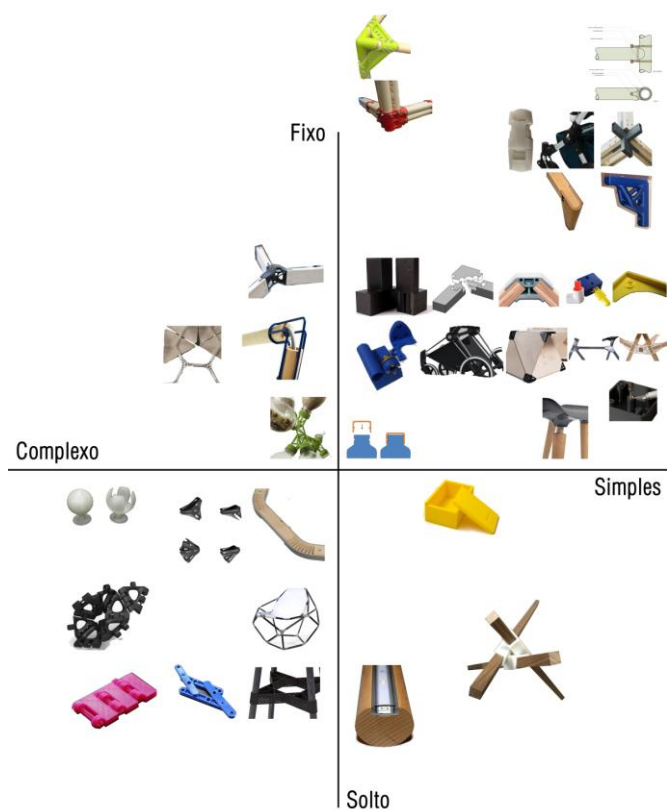
Caixa de direção		<div>Horizontal</div>  <div>72,5° +1 -1</div>	<div>Não Horizontal</div>  <div>72,5° +1 -1</div>					
Encaixe do selim		Tradicional	Semi-integrado	Integrado				
		<div>Horizontal</div>  <div>73,8°</div>	<div>Não Horizontal</div>  <div>73,8°</div>	<div>Não Horizontal</div>  <div>73,8°</div>				
2x Dropouts		Braçadeira de parafuso	Braçadeira de libertação rápida	Braçadeira integrada				
		 <div>Min 34.8mm Max 41mm</div>						
Suporte Inferior		<div>Horizontal</div>  <div>BB Drop 70mm</div>			<div>Horizontal Dropout Short</div> 	<div>Semi-Vertical Dropout</div> 	<div>Vertical Dropout</div> 	
		<div>With Hanger</div> 	<div>Without Hanger</div> 	<div>Raleigh 3-speed</div> 	<div>Track Fork End Not a dropout!</div> 	<div>Through axle</div> 		
Suporte Inferior		<div>34.8mm BSA</div> <div>36mm Italian</div> <div>37mm BB90</div> <div>41mm BB86</div> <div>42mm BB30 OSBB alloy BBright</div> <div>46mm PF30 BBright PF OSBB carbon BB386EVO</div>						
		<div>68mm BSA</div>	<div>70mm Italian</div>	<div>90.5mm BB90</div>	<div>86.5mm BB86</div>	<div>68mm BB30 OSBB alloy</div>	<div>79mm BBright</div>	<div>68mm PF30 OSBB carbon</div>

Barras de suporte					
		 Reto	 Curvo	 Torcido	
Sistema de encaixe		Colagem 	Encaixe 	Roscagem 	Parafusos 
Cablagem		Interior 	Exterior 	Sem Fios 	
Sistema de travagem		Travão de pinças 	V-brake 	Travões de disco mecânicos 	
		Cantilever 		Travões de disco hidráulicos 	
Rodas		 700mm			
		 650mm			
		 18mm			
		 35mm			

A matriz facilita a visualização dos problemas, no entanto a criatividade dos resultados vai depender inteiramente do projetista. A criatividade é impulsionada pelo maior conjunto de combinações geradas.

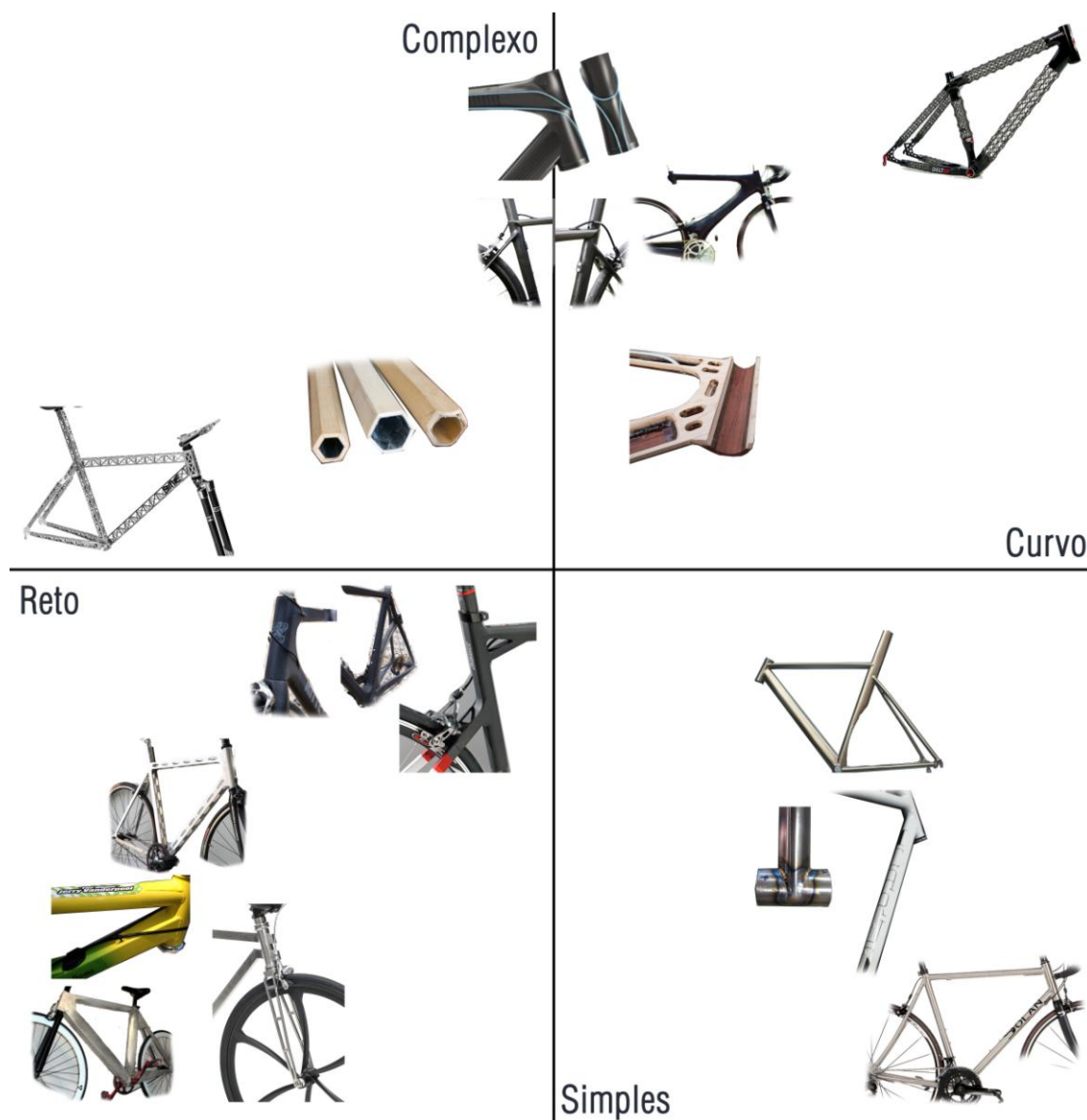
4.5 Conceitos

Criaram-se dois esquemas para melhor avaliação dos encaixes assim como dos diferentes tipos de tubagens utilizados. No esquema (1) referente aos encaixes, teve-se em conta no eixo X, a complexidade do tipo de encaixe, considerando encaixes com roscas os mais complexos, e encaixes de push-fit os mais simples. No eixo Y, considerou-se o nível de fixação que o encaixe proporciona, sendo que os mais soltos possuem pelo menos um eixo livre de movimentação, e os fixos não possuem nenhuma mobilidade. Os grupos com maior interesse para trabalhar são todos os que se encontram no setor dos encaixes simples e fixos.



Esquema 1 - Tipos de encaixes

O esquema (2), refere-se aos tipos de tubagem utilizadas em quadros. Temos no eixo X, os quadros ordenados pela existência de superfícies retas ou superfícies curvas. No eixo Y, considera-se a complexidade na obtenção dessas mesmas formas. Esta exploração pode ser aplicada em diferentes conceitos, sendo, no entanto, as mais simples e com formas curvas as preferenciais, devido à identidade do estilo de bicicleta.



Esquema 2 - Tipos de tubagens

Após esta análise criaram-se os primeiros conceitos. Estes vão ter por base o conceito de quadro por partes, dividido por encaixes, representados na figura (52) da seguinte maneira:

- 1- Encaixe Guiador (pode estar dividida em superior e inferior)
- 2- Encaixe Selim
- 3- Encaixe Pedaleira
- 4- Encaixe Dropouts

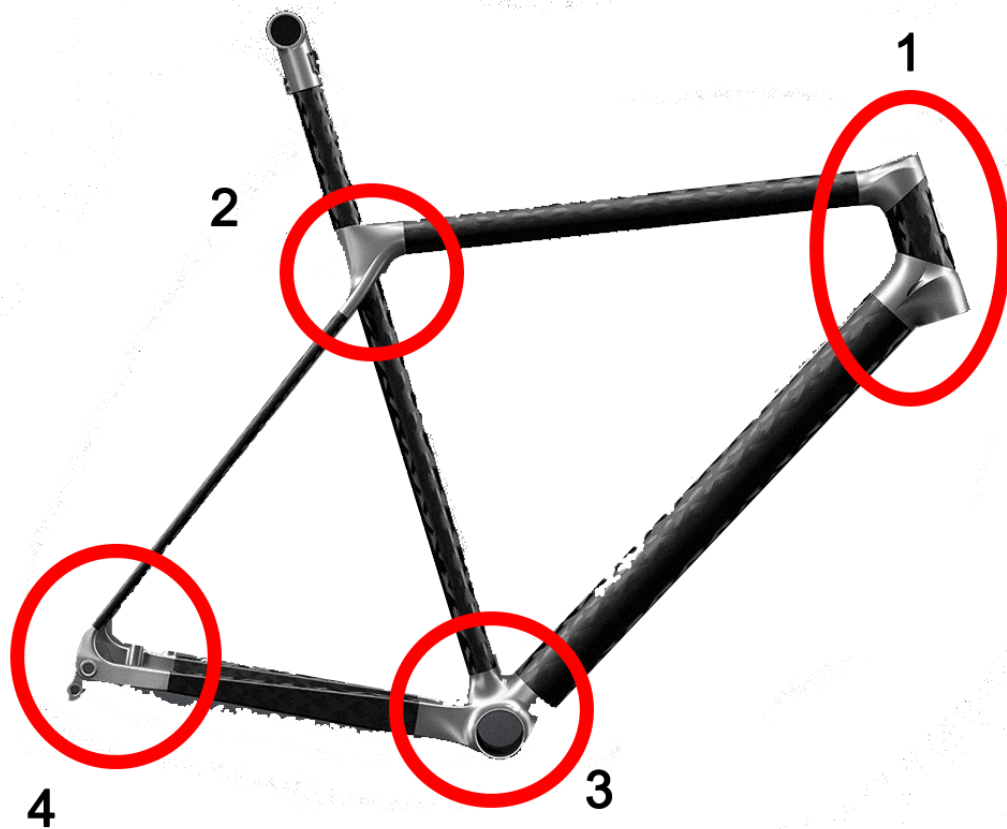
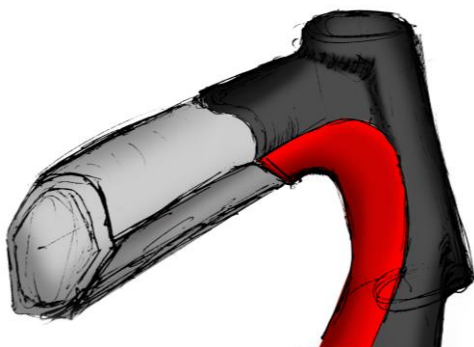


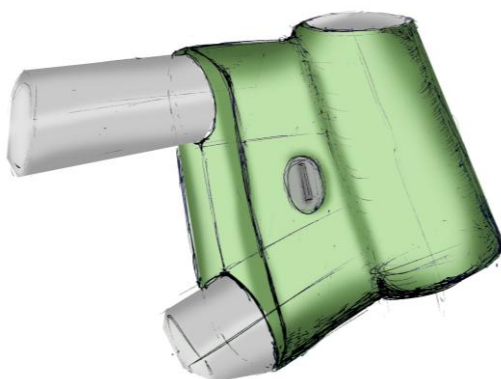
Figura 52 - Diferentes encaixes num quadro por partes

Os sketches iniciais são apenas do encaixe do guidador, pois é um dos componentes que vai ter mais impacto no *design* do resto do produto e serve para exemplificar a ideia inicial de cada conceito.

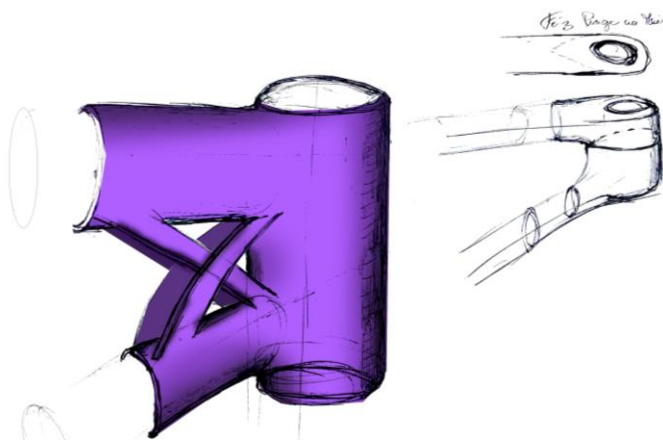
Conceito1



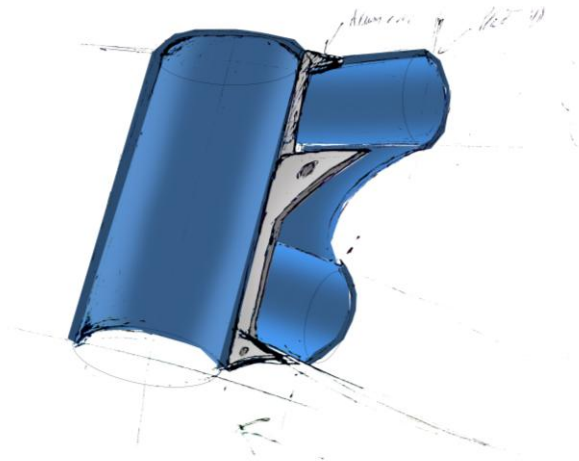
Conceito2



Conceito 3



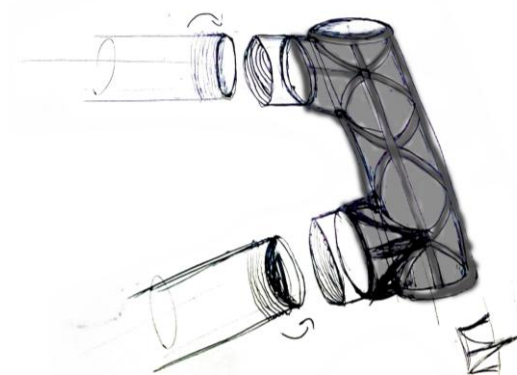
Conceito 4



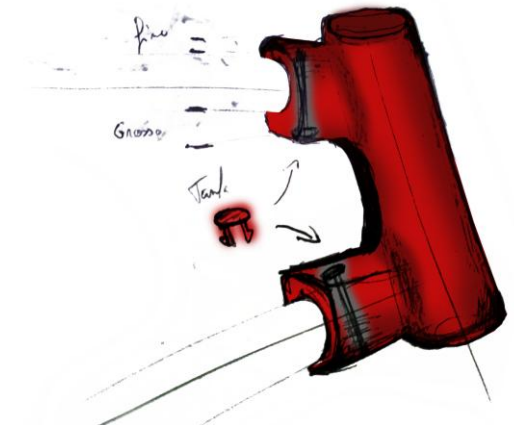
Conceito 5



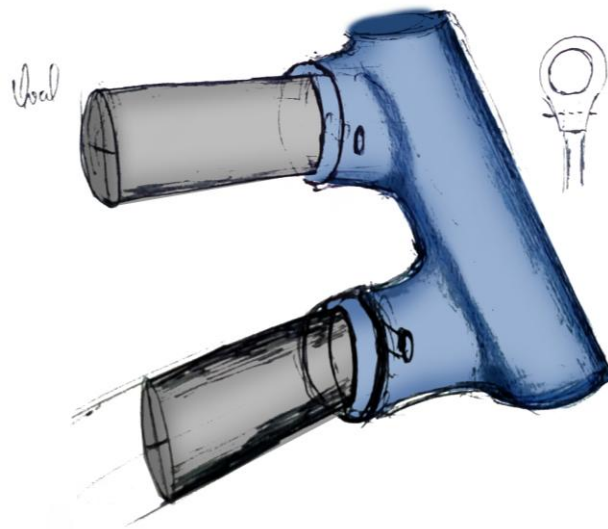
Conceito 6



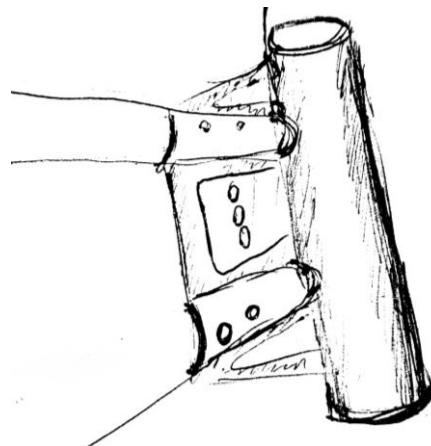
Conceito 7



Conceito 8



Conceito 9



4.5.1 Seleção de conceitos

4.5.1.1 Concept screening

Para fazer a seleção dos conceitos, foi utilizada a ferramenta *Concept Screening*. Esta ferramenta serve para comparar os conceitos em relação às necessidades do projeto. São atribuídos símbolos, + “melhor que”, 0 “igual a” e – “pior que” de acordo com a eficiência de resposta de cada conceito em relação ao conceito de referência. Vai permitir igualmente o levantamento dos aspetos mais positivos e negativos em cada conceito, podendo em seguida unir diferentes conceitos ou melhorar aspetos negativos (Eppinger e Ulrich, 2011).

Após a aplicação da ferramenta pode-se observar que os conceitos com maior interesse são o 1, 4, 5, 7 e 9, sendo que os conceitos 1, 5, 7 e 9 devem ser combinados de maneira a obter conceitos melhorados. Os pontos fortes devem ser combinados de forma a se complementarem e, nesse caso, faz sentido combinar o conceito 1 com o conceito 7, e o conceito 5 com o 9.

4.5.1.2 Concept scoring

A ferramenta concept scoring é utilizada quando se quer fazer uma seleção mais refinada, diferenciando melhor os conceitos, e por esta razão, deve ser utilizada com um número menor de conceitos. Assim como no concept screening, são tidas em conta as necessidades encontradas para o projeto, e desta vez são utilizadas também as percentagens de peso no projeto de cada uma. A matriz será desta vez preenchida por números de 1 a 5, que simbolizam a sua performance em relação à referência, onde:

- 1- Muito pior que a referência
- 2- Pior que a referência
- 3- Igual a referência
- 4- Melhor que a referência
- 5- Muito melhor que a referência

O conceito resultante da combinação dos conceitos 1 e 7, foi o que obteve melhor qualificação. Assim sendo, deverá continuar a ser desenvolvido. Visto este conceito apresentar valores mais baixos em fatores relacionados com a resistência e durabilidade, no seu desenvolvimento poderão ser utilizadas ideias provenientes dos conceitos 4 e da combinação entre os conceitos 5 e 9.

4.5.2 Arquitetura do produto

Para desempenhar as suas diversas funções, o produto possui diferentes componentes, que estão representados na figura (53). Os tubos existentes têm os comprimentos associados a cada um dos tamanhos dos utilizadores, e são tubos de diâmetro standard, sendo apenas os restantes componentes produzidos por impressão 3D.

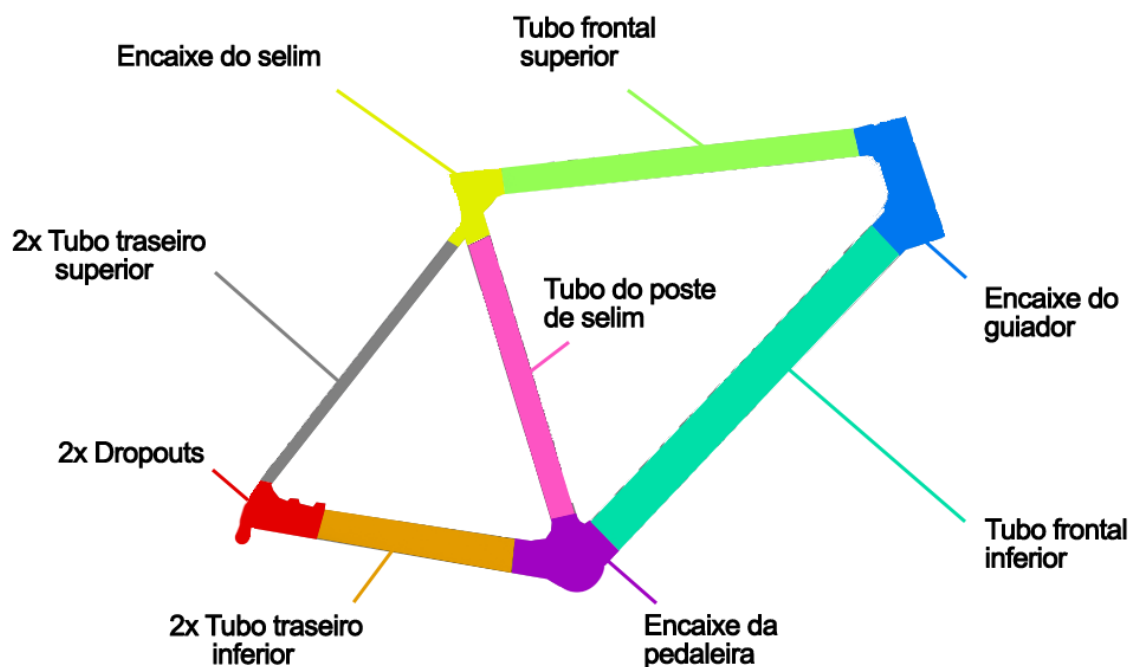


Figura 53 - Componentes do produto

4.5.3 Proposta conceptual

Para melhor percepção do relacionamento entre os componentes, assim como melhor visualização da volumetria do produto, foi desenvolvido o desenho 3D através do *Solidworks 2016* representado na figura (54). Este desenho teve origem no conceito selecionado no *concept scoring*.



Figura 54 - Vista lateral, explodida e perspectiva.

4.6 Projeto de detalhe

4.6.1 *Design* de sistemas

Nesta fase foram desenvolvidos os sistemas mecânicos existentes no produto.

No encaixe do guiador, existe o sistema de ligação ao tubo superior e um sistema de ligação ao tubo inferior. No sistema de ligação superior existe uma tampa que desliza por uma calha e no fim possui um sistema de *snap fit*, para possibilitar a rápida colocação do tubo superior. Este é guiado através de um pin e de uma ranhura existente no tubo, como é demonstrado na Figura (55).

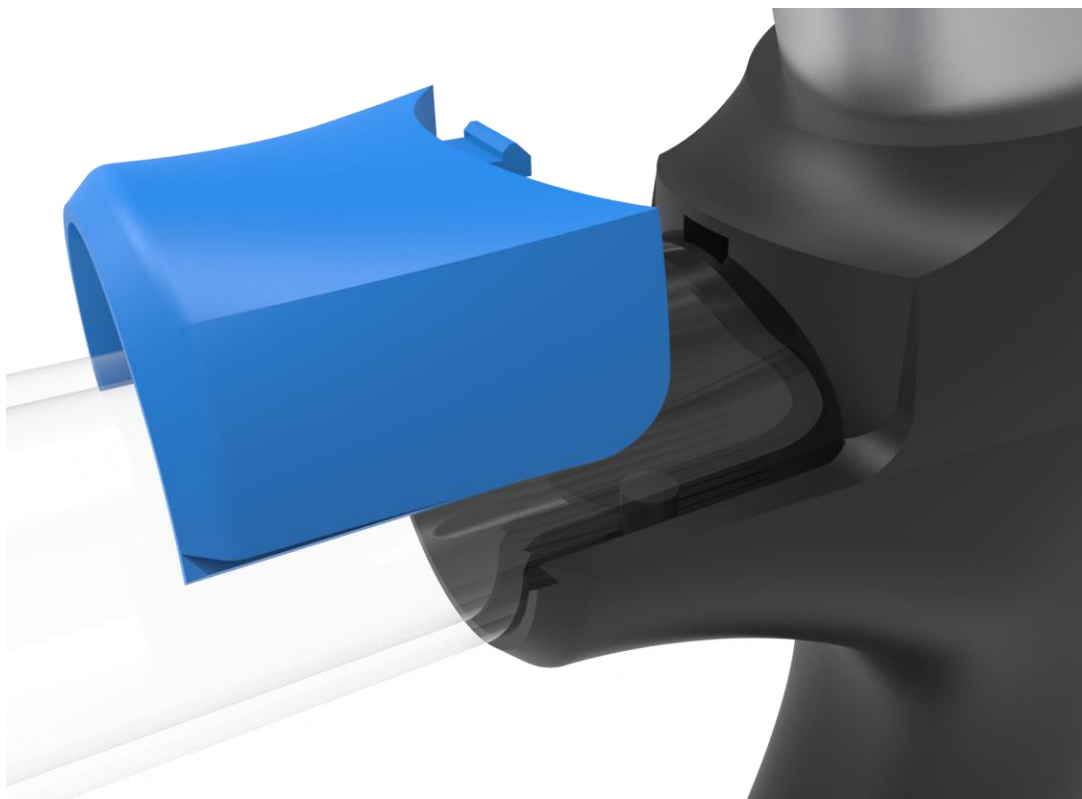


Figura 55 - Esquema do encaixe entre o tubo superior e o encaixe do guiador.

Tanto no sistema de ligação do encaixe do guiador ao tubo inferior (Figura 56) como no sistema de ligação entre o tubo superior e o encaixe do selim (Figura 57), foi utilizado um método semelhante, possuindo uma tampa que desliza por uma calha e por fim fica presa por um *snap fit* existente na terminação da mesma.



Figura 56 - Esquema do encaixe entre o tubo inferior e o encaixe do guiador.

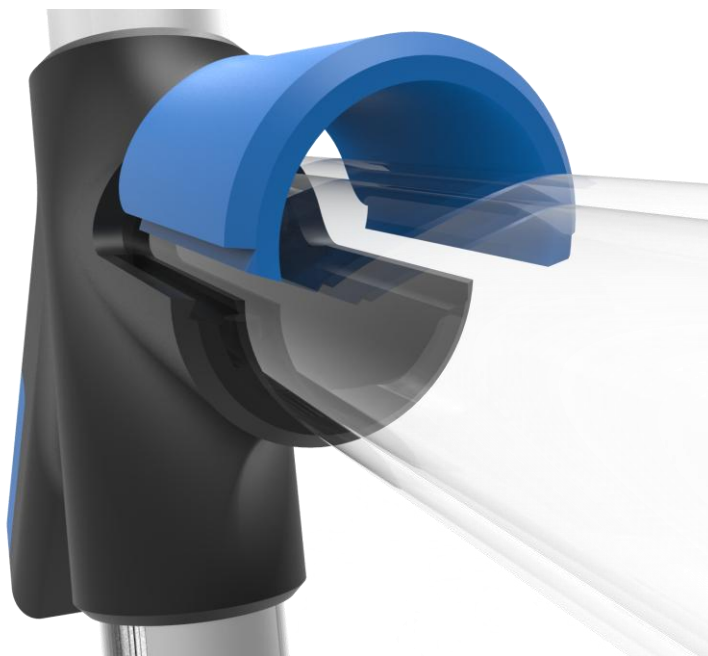


Figura 57 - Esquema do encaixe entre o tubo superior e o encaixe do selim.

No sistema de ligação entre os tubos traseiros superiores e o encaixe do selim não pode ser aplicado o método de deslize por uma calha, devido ao estreitamento das peças. Assim sendo foi aplicado um sistema de duplo *snap fit* permitindo o encaixe e o desencaixe do mesmo (Figura 58).



Figura 58 - Esquema do encaixe entre os tubos traseiros superiores e o encaixe do selim.

O sistema de ligação entre o tubo inferior e o encaixe da pedaleira volta a ser por deslize numa calha, e desta vez possui dois snap fits nas pontas laterais pois era o sitio onde era possível criar as entradas na peça do encaixe da pedaleira.

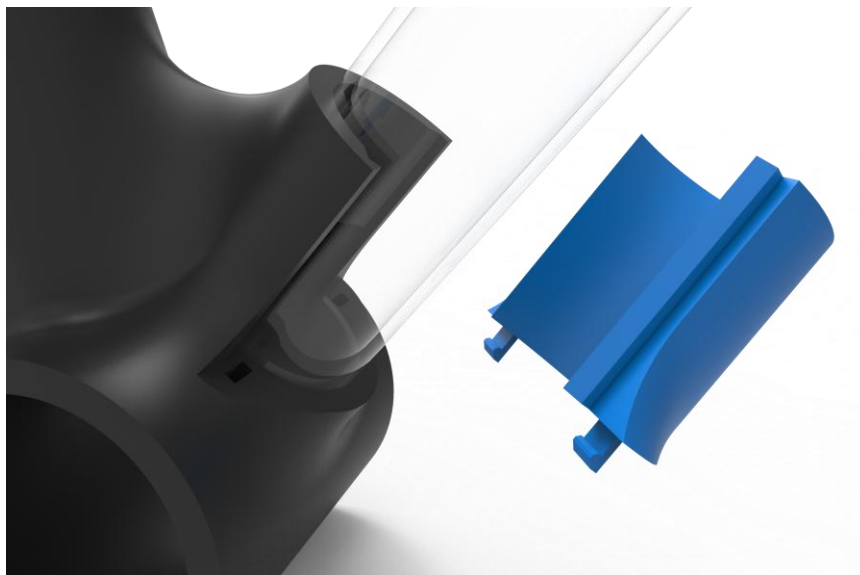


Figura 59 - Esquema do encaixe entre o tubo inferior e o encaixe da pedaleira.

Por fim, o sistema de ligação utilizado nos restantes encaixes foi através de parafusos M5 de cabeça rasa (Figuras 60 e 61), isto devido á falta de espaços regulares que impossibilitaram a aplicação de sistemas de calhas ou *snap fits*.

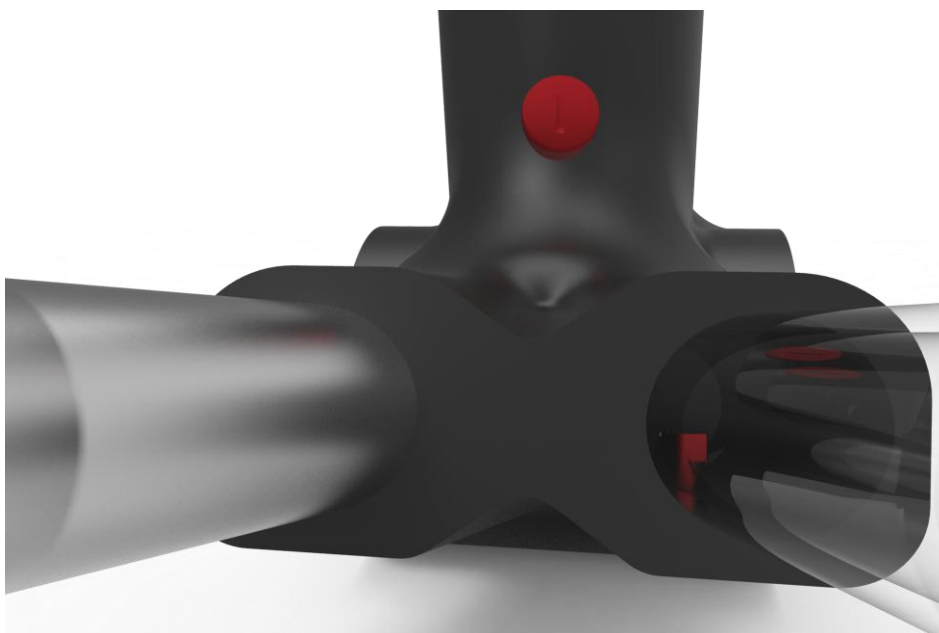


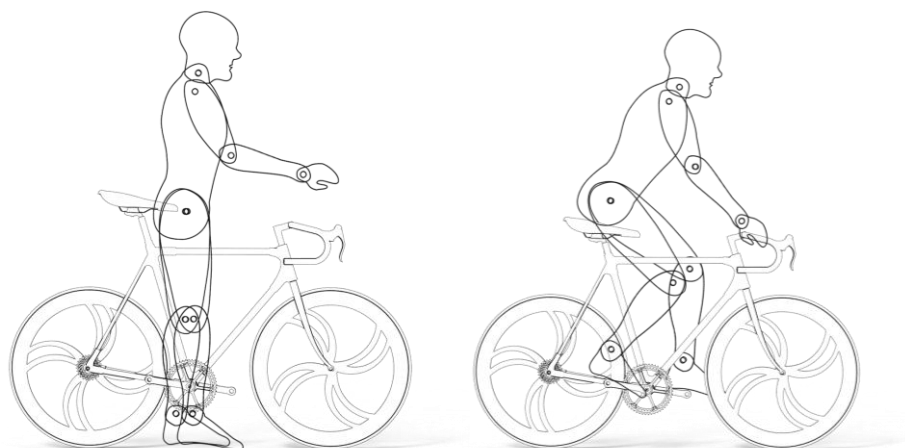
Figura 60 - Esquema do encaixe entre os tubostraseiros inferiores e o tubo do poste de selim ao encaixe da pedaleira.



Figura 61 - Esquema do encaixe entre o tubo traseiro inferiore do tubo traseiro superior ao dropout.

4.6.2 Dimensões gerais

Em seguida verificou-se a interação com o utilizador. Este quadro foi projetado para um utilizador com 1,73m de altura. Os esquemas de interação do utilizador com o produto estão demonstrados na Figura (62). O terceiro esquema representa uma bicicleta com um quadro onde estão indicadas as medidas mais importantes.



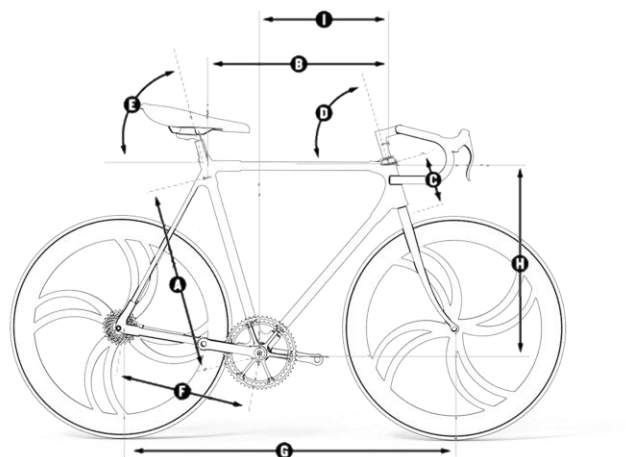


Figura 62 - Esquemas de interação utilizador / produto.

A	Tubo do Selim	543mm
B	Tubo Superior	549mm
C	Tubo Frontal	150mm
D	Ângulo do Tubo Frontal	73.25º
E	Ângulo do Tubo do Selim	73.5º
F	Apoio da Corrente	410mm
G	Distância entre rodas	960mm
H	Altura do Quadro	560mm
I	Alcance	383mm

4.6.3 Componentes normalizados

No quadro seguinte apresentam-se os preços dos componentes normalizados, ou seja, os tubos de alumínio (Tabela 12).

Tabela 12 - Preço dos tubos de alumínio

<i>Descrição</i>	<i>Preço</i>	<i>Notas</i>
<i>Seat Tube</i>	7,12 €	410mm * 1mm
<i>Top Tube</i>	7,81 €	550mm * 1mm
<i>Down Tube</i>	7,20 €	450mm* 1mm
<i>Seat Stays</i>	13,75 €	Par, AL7005
<i>Chain Stays</i>	17,46 €	Par, AL7005

Para complementar o quadro e fazer uma proposta de um preço para o produto final, foi feita uma lista dos componentes possíveis para montar neste mesmo quadro, tendo sempre em conta a viabilidade das opções, pois os componentes têm de ser compatíveis entre eles (anexo 7).

4.6.4 Processos e materiais de fabrico

O processo de impressão escolhido para fabricação é o FDM (Fused Deposition Modeling) que utiliza diferentes materiais sólidos chamados de filamentos. Estes filamentos são linhas de material enrolado numa bobine anexada à impressora 3D, que por sua vez vão ser guiados para uma cabeça extrusora aquecida que derrete o material. O material, uma vez em estado líquido, é extrudido num caminho específico e predeterminado pelo software e pelo programador. Ao arrefecer, solidifica instantaneamente, tornando-se a base para a próxima camada de material, e assim sucessivamente, até estar a impressão do objeto concluída. O processo está exemplificado na Figura (63).

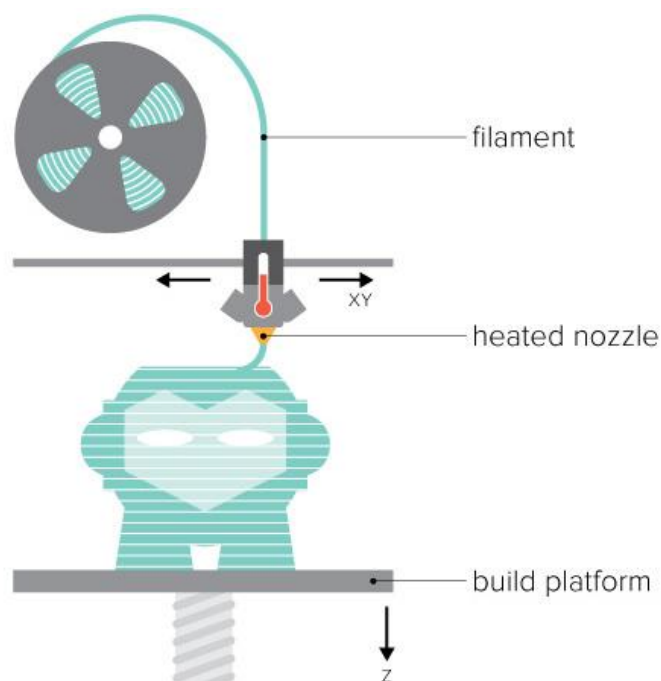


Figura 63 - Processo de impressão 3D, FDM (Fused Deposition Modeling)(og3dprinting, 2017).

Atualmente o processo de FDM possui imensas vantagens pois, possibilita a utilização de uma grande gama de materiais, com boas propriedades mecânicas a preços relativamente baixos.

O Nylon reforçado com fibras de carbono é um filamento que apareceu relativamente há pouco tempo, pelo que ainda existem muitas especulações em

relação ao mesmo. No entanto, devido às suas propriedades mecânicas, nomeadamente a elevada resistência, tem despertado muito interesse a todos os utilizadores da tecnologia de impressão 3D, uma vez que pode representar o início da fabricação de peças para utilização final.

Os filamentos de Nylon reforçado com fibras de carbono que atualmente se destacam no mercado são o *CarbonX* da *3DXTech*, o *XT-CT20* da *Colourfabb* o *NylonX* da *MatterHackers* e o *Carbon CFF* da *Markforged*. As respetivas propriedades estão descritas na Tabela (13).

Tabela 13 - Propriedades dos filamentos

Propriedades	Unidades	Filamentos			
		CarbonX	CX-CF20	NylonX	Carbon CFF
Densidade	g/cm ³	1,14	1,35	1,0	1,4
Resistência à tração	MPa	63.9	76	100	700
Módulo de tração	Mpa	4387		6000	54000
Alongamento na rutura	%	4	7,5		1,5
Módulo de Elasticidade	Mpa	5650	6200		51000
Força de flexão	MPa	78	110		470
Preço (500g)	Euros	40.87	33	57.69	800

Como demonstra a Tabela (13), os filamentos possuem características distintas, e nem todos possuem todas as suas propriedades descritas nas “datasheets”. Os primeiros 3 filamentos, *CarbonX*, *CX-CF20* e *NylonX* possuem ligeiras diferenças entre eles, enquanto que o *Carbon CFF* se destaca com melhores propriedades. No entanto, isto reflete-se no seu preço, tornando-se bastante caro.

4.7 Análise de Elementos Finitos (FEA)

A Análise de Elementos Finitos é utilizada para estudar o comportamento estrutural do produto para suportar as cargas para o qual foi projetado. Esta análise foi realizada através do software *Inspire 2017* (Altair, 2017) com uma licença de estudante.

Os testes realizados tiveram por base o modelo de análise utilizado pela *Sports Engineering Association* (Covill et al., 2014).

Este modelo de análise possui dois ensaios diferentes, um para simular o peso do ciclista sentado onde se aplica uma força descendente vertical de 2400N no tubo do poste de selim, e o outro ensaio serve para simular quando o ciclista está levantado e a pedalar com o peso do corpo sobre o lado direito, aplicando assim as forças do lado direito do BB, assim como no guidador, que se encontram representadas na Figura (64) do lado direito.

Ambos os ensaios possuem as mesmas restrições: o eixo traseiro está restringido em todas as direções, e a parte inferior do encaixe do guidador está restringida verticalmente.

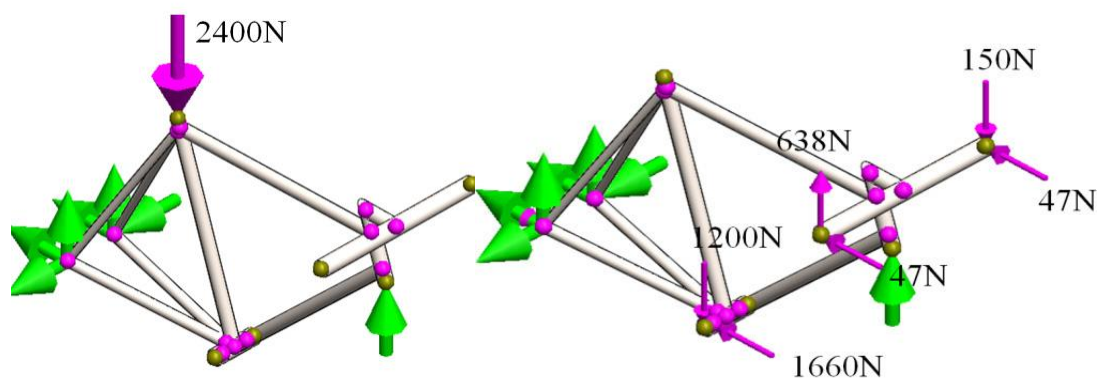


Figura 64 – Ensaio 1 referente quando o ciclista se encontra sentado (esquerda); Ensaio 2 referente ao ciclista levantado a exercer força sobre o pedal direito (direita)

Em análise está o quadro desenvolvido neste projeto, com a aplicação de diferentes filamentos, sendo que todos eles são filamentos de nylon reforçados com fibras de carbono, apenas variando o fabricante. Estes filamentos são o *CarbonX* da *3DXTech*, o *XT-CT20* da *Colourfabb* e o *Carbon CFF* da *Markforged*, que são caracterizados pelas propriedades mecânicas presentes na Tabela (13) apresentada anteriormente.

Para a determinação de alguns valores de referência de tensão resultantes das cargas aplicadas ao quadro, foram utilizados os testes referidos anteriormente, ao quadro *XT-CF20* da *Colourfabb* disponível online (Schürmann, 2015), e a um quadro normal da *Peugeot PY 10*, em aço inox, também disponível online (Fifa, 2012)(Figura 65).



Figura 65 - Quadros de referência, ColourFabb (direita) e o quadro Peugeot PY10 (esquerda)

Para criação da malha, escolheu-se o valor máximo dos elementos, sendo este de 2 mm. Os resultados em relação ao deslocamento, coeficiente de segurança mínimo e tensão de *von Mises*, estão demonstrados na Tabela (14).

Tabela 14 - Resultados da análise FEA aos quadros de referência e ao quadro do projeto.

Ensaio 1	Unidades	Quadro XT-CF20 da ColourFabb	Quadro Peugeot em Aço inox	Quadro do projeto em NylonX	Quadro do projeto em Carbon CFF
Deslocamento	mm	2,4	0,11	0,26	0,22
Coeficiente mínimo de segurança		0,9	7,5	1,6	1,6
von Mises	MPa	127,8	50,22	31,5	31,5
Ensaio 2					
Deslocamento	mm	6,2	1,9	2,7	1,86
Coeficiente mínimo de segurança		0,6	2,2	1,2	1,1
von Mises	MPa	86,1	167	41,5	42,42

Inicialmente, realizaram-se dois ensaios (1 e 2) a dois quadros de outras empresas já existentes, nomeadamente o quadro XT-CF20 da *ColourFabb* e o quadro Peugeot em aço inox. Da análise dos valores resultantes em relação ao deslocamento, coeficiente mínimo de segurança e critério de falha de von Mises, pode-se concluir que o melhor quadro é o da Peugeot em aço inox.

Os mesmos ensaios foram efetuados ao quadro do projeto em *NylonX* e ao quadro em *Carbon CFF*, pelos quais se observa que, independentemente do material, ambos apresentam um deslocamento bastante inferior nos dois ensaios, comparativamente ao quadro XT-CF20 da *ColourFabb*, sendo esta uma característica favorável. No entanto, nesta característica destaca-se o quadro Peugeot, em aço inox, como o melhor.

No ensaio 1, os valores do coeficiente mínimo de segurança do quadro testado em dois materiais distintos, são iguais entre si, mas comparativamente com o quadro XT-CF20 são mais elevados, o que indica que estes quadros tornariam a bicicleta de estrada mais segura. Novamente, o quadro Peugeot distingue-se positivamente por apresentar um valor de coeficiente mínimo de segurança bastante elevado. Em relação ao ensaio 2, os quadros do projeto também não apresentam valores muito díspares em relação a esta característica. No entanto, o seu valor é novamente superior ao do quadro XT-CF20, mas ligeiramente inferior ao do quadro da Peugeot em aço inox.

Em relação aos valores do critério de falha de von Mises, os resultados dos quadros de projeto testados são bastante semelhantes entre si, em ambos os testes realizados e são bastante inferiores em relação ao quadro XT-CF20, sendo este um fator positivo. Neste caso, em relação ao ensaio 1, o quadro da Peugeot encontra-se sujeito a valores de tensão mais elevados em comparação aos quadros do projeto testados e, no ensaio 2, o mesmo apresenta o valor mais elevado entre os 4 quadros.

O quadro projetado, com o material *Carbon CFF*, e tubos de Alumínio 6061, quando sujeito ao primeiro teste apresentou um maior deslocamento na zona dos tubos de ligação entre o encaixe do selim e os dropouts, com uma deslocação de 0.2mm como demonstra na Figura (66). Na Figura (67) está representado o resultado da tensão de von Mises do mesmo quadro em relação ao mesmo teste, com um valor máximo de 31,35MPa apresentado na mesma zona em que se dá a maior deslocação.

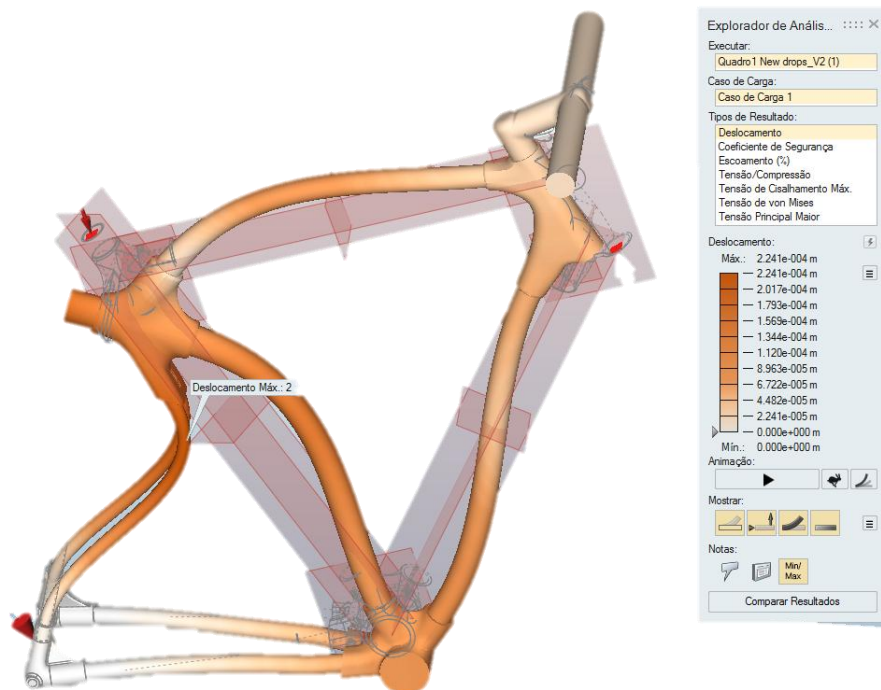


Figura 66 - Gráfico FEA do deslocamento máximo do primeiro teste ao quadro de filamento Carbon CFF

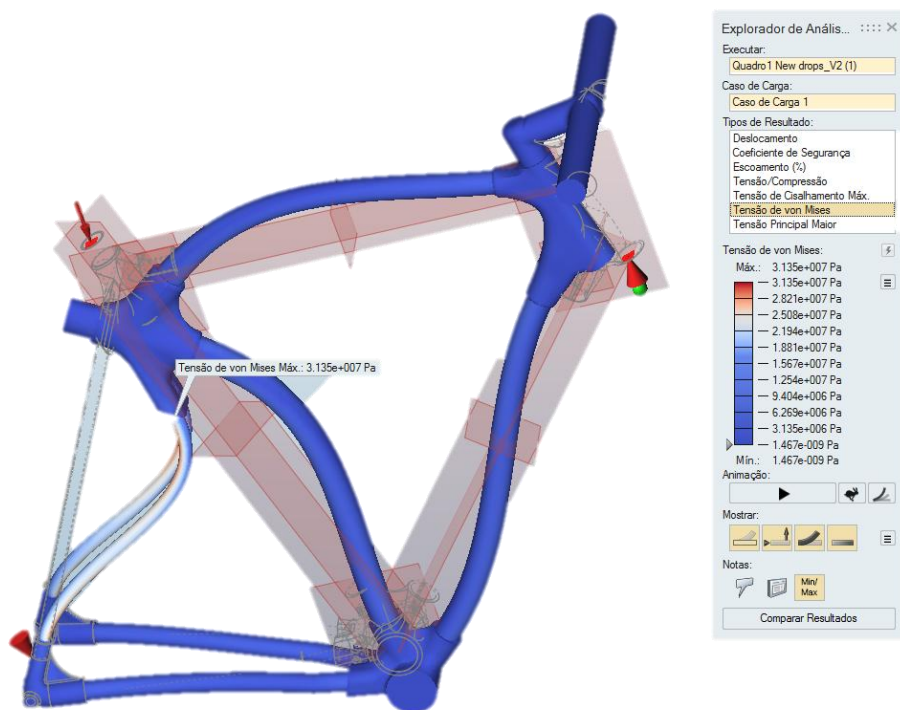


Figura 67 - Gráfico FEA da tensão de von Mises máxima do primeiro teste ao quadro de filamento Carbon CFF

Aplicando agora o segundo ensaio ao mesmo quadro, com o mesmo filamento o *Carbon CFF*, e tubos de Alumínio 6061, este apresenta uma deslocação máxima de 1,869 mm na zona inferior do encaixe do guiador, como é demonstrado na Figura (68). Resultando do mesmo ensaio obtém-se também o valor da tensão de von Mises máximo de 42,42 MPa, que está situado no tubo traseiro inferior direito perto da zona de ligação ao componente de encaixe da pedaleira, como demonstra a Figura (69).

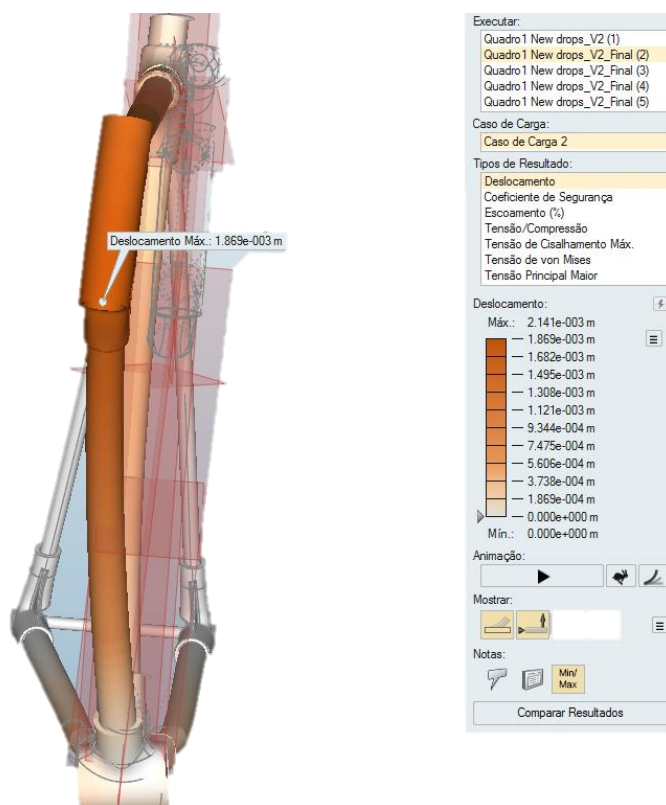


Figura 68 - Gráfico FEA do deslocamento máximo do segundo teste ao quadro de filamento Carbon CFF

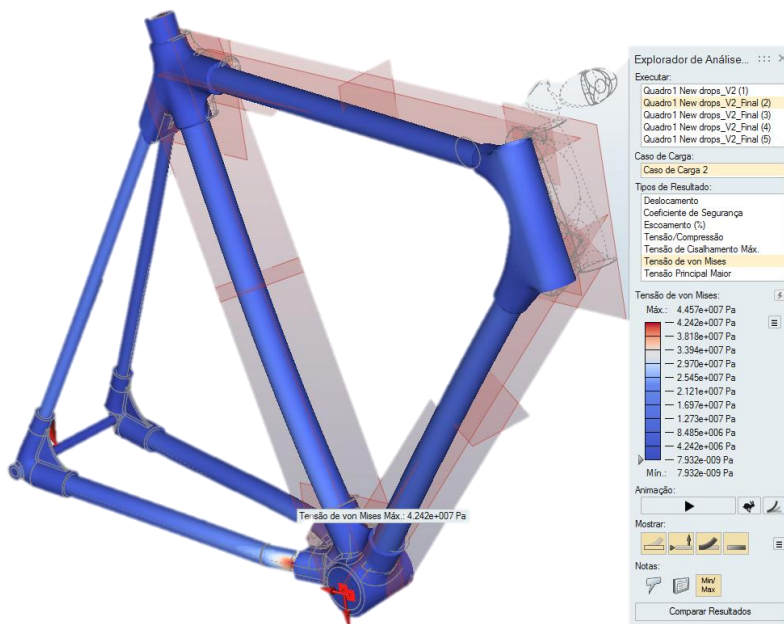


Figura 69 - Gráfico FEA da tensão de von Mises máxima do segundo teste ao quadro de filamento Carbon CFF

Por fim, comparando os dois quadros de projeto iguais, mas compostos de um material distinto, pode-se concluir que, os valores dos ensaios efetuados aos quadros são semelhantes, ou seja, ambos se encontram a um nível idêntico de resistência. Assim sendo, o fator determinante na distinção do melhor material para o quadro será o preço do filamento. Como foi referenciado anteriormente, na Tabela (13), o filamento em *NylonX* custa 57,69 €/500g e o filamento de *Carbon CFF* custa 800 €/500g. Assim sendo, o melhor quadro e o mais económico é o quadro do projeto em *NylonX* da *MatterHackers*.

4.8 Apresentação do produto



Figura 70 - Modelo preto básico



Figura 71 - Possíveis cores a aplicar



Figura 72 - Utilização em ambiente natural



Figura 73 - Utilização em ambiente urbano

4.9 Conclusão

No âmbito da área do desenvolvimento de produto foi feito o estudo em relação à bicicleta assim como à tecnologia de impressão 3D.

A bicicleta é um veículo com um grande potencial de desenvolvimento, quer como um veículo de mobilidade urbana quer como um objeto desportivo. Foram criados pressupostos para o projeto tendo em conta fatores como o contexto de uso, vias de circulação e o mercado alvo.

Através de um conjunto de necessidades recolhidas, foram definidos os requisitos que eram necessários para o desenvolvimento do projeto. Através da aplicação da ferramenta QFD estabeleceu-se uma hierarquia relativa aos requisitos, onde se verificou que os mais importantes eram o conforto, a facilidade de utilização e a facilidade na substituição dos componentes.

Utilizou-se uma matriz de produto para priorização dos componentes e sistemas a desenvolver, sendo os mais pertinentes o sistema de montagem, o suporte inferior e a caixa de direção.

Da análise morfológica obtiveram-se várias soluções, que serviram de inspiração na criação de novos conceitos.

Os conceitos foram desenhados tendo por base dois esquemas, um esquema onde se analisaram os encaixes, e outro esquema relativo aos tipos de tubagem. Através da mistura entre os melhores exemplos de encaixes e algumas soluções de tubagens foram criados 9 conceitos generalistas, com o desenho de apenas o encaixe do guiador.

Para uma melhor escolha do conceito a desenvolver, fez-se uma seleção através do *concept screening* e do *concept scoring* obteve-se um conceito final com maior potencialidade de resposta às necessidades do projeto.

Após obtenção de um desenho do conceito, foi necessário a criação do mesmo através do *software* 3D, e com este foi possível refinar o conceito, quer através dos testes FEA, quer pela montagem no próprio programa de CAD.

Apesar de não terem sido desenvolvidos protótipos funcionais para a verificação do funcionamento deste produto, considera-se que a experiência de desenvolvimento de produto no contexto de tese de mestrado foi bastante enriquecedora tanto ao nível pessoal como ao nível profissional.

O maior desafio encontrado no âmbito do desenvolvimento do trabalho foi a gestão de tempo, a gestão de informação e o desenvolvimento de projeto autônomo, no qual o projetista deve desenvolver o seu próprio método e planejamento de trabalho. No entanto, e apesar das dificuldades já enumeradas, a experiência adquirida será de enorme importância na rotina futura de trabalho.

5 Conclusões

5.1 Considerações finais

No âmbito da área do desenvolvimento de produto, realizaram-se três projetos: dois em contexto industrial e propostos pela empresa Miranda & Irmão e um autoproposto, de desenvolvimento de um quadro de bicicleta para fabricação por impressão 3D. Em contexto industrial, o principal objetivo passou pela análise, implementação e validação das metodologias de projeto no desenvolvimento de componentes para bicicletas.

Os dois primeiros projetos consistiram no desenvolvimento de um guia de corrente, e no redesign do poste de selim *clickpost*® para serem produzidos na empresa, logo, além de exequíveis, deveriam ser apelativos e competitivos no mercado.

Nestes projetos a metodologia seguida foi semelhante: análise de um conjunto de informações, análise a produtos da concorrência, definição de pressupostos e requisitos para a execução do projeto, desenvolvimento conceitual, CAD, FMEA, Análise de Elementos Finitos e por fim criação de *renders* para exposição do produto.

No guia de corrente, para além do exposto, foi também utilizado o QFD e foram feitos vários protótipos.

Deste desenvolvimento resultou um guia de corrente que segundo as análises FEA, é mais resistente que o guia da concorrência analisado, que era o objetivo proposto. Este incremento na resistência deve-se ao novo design da peça já que o material utilizado na sua fabricação foi o mesmo.

No poste de selim não foi utilizado o QFD, uma vez que, sendo o redesign de um produto já desenvolvido, as informações decorrentes do FMEA foram consideradas suficientes para desenvolvimento do novo produto.

O resultado deste estudo foi um selim esteticamente mais agradável, mantendo o sistema de encaixe e a resistência do anterior. Este projeto ficou na fase de prototipagem, estando para breve a finalização do mesmo.

O objetivo do projeto autoproposto foi o desenvolvimento de um quadro de bicicleta, utilizando a tecnologia de fabricação aditiva, aproveitando o atual crescimento desta tecnologia de fabricação na exploração de novas aplicações. Este projeto visou também uma proposta futura para ampliar o portfólio da empresa.

O quadro de bicicleta, sendo o projeto mais complexo, obrigou a um estudo mais aprofundado em todas as fases, desde o Estado de Arte até à aplicação da metodologia de Ulrich e Eppinger.

Deste terceiro trabalho resultou um quadro de bicicleta de estrada, customizado, para um mercado alvo específico, com a aplicação da tecnologia de impressão 3D. Estando esta tecnologia em franca expansão, este poderá ser um projeto interessante no sentido de proporcionar a produção de um quadro ergonómico para cada utilizador.

Com o desenvolvimento destes três trabalhos, foi possível implementar e validar as metodologias de projeto que até aqui apenas tinham sido utilizadas pelo projetista em contexto académico.

O maior desafio encontrado foi a gestão de tempo, a gestão de informação e o desenvolvimento do projeto autónomo, no qual o projetista deve desenvolver o seu próprio método e planeamento de trabalho. No entanto, o facto dos projetos terem sido desenvolvidos em ambiente empresarial, onde existe um conhecimento aprofundado dentro da área e rotinas de desenvolvimento de produto, agilizou o desenvolvimento dos dois primeiros projetos, já que foram mais rapidamente conduzidos para soluções otimizadas.

No que diz respeito à orientação académica, o contributo de orientadores provenientes das duas áreas, Mecânica e Design, enriqueceu os diferentes projetos dando origem a peças mecanicamente funcionais e esteticamente apelativas.

A experiência adquirida durante a realização das várias etapas deste trabalho de projeto será de enorme importância na rotina profissional futura.

5.2 Trabalhos futuros

O projeto do guia de corrente continuará a ser desenvolvido, com a produção de uma pequena série com os materiais e métodos de produção finais, para confirmação de todas as medidas, tendo em conta as interações tanto com o quadro, como com a corrente. Este produto, se for bem aceite pelos utilizadores, pode vir a constituir um novo segmento de mercado para a empresa. Pode igualmente ser um projeto de base para uma gama de guias de corrente, onde variem os materiais e a quantidade de elementos que o compõem.

O redesign do poste de selim ficou numa fase inicial de prototipagem, onde se poderia verificar a viabilidade do produto e a interação entre os seus

componentes. De seguida seria necessária a realização de alguns testes com uma pequena série onde fossem aplicados os materiais e os métodos de produção finais. O eventual sucesso e aceitação deste produto por parte dos utilizadores, poderia revitalizar a gama dos postes de selim, e, quem sabe, possibilitar a expansão da mesma, quer aplicando novos métodos de aperto, quer utilizando novos elementos de amortecimento.

O projeto do quadro de bicicleta ainda teria um longo caminho a percorrer até atingir a sua finalização. No entanto, como este é também um projeto com maior visão para o futuro, necessita de uma maior maturação no seio da empresa. A aplicação do conceito do design inspirado na natureza ou "*Biomimicry*", será um caminho possível, uma vez que também seria potencializado pelo método de fabrico, a impressão 3D. Seria igualmente interessante a aplicação de um sistema interno de guiamento dos cabos dos travões.

No que toca à Engenharia Mecânica, este projeto deverá ser revisto, quer em relação ao projeto de detalhe, quer aos testes FEA onde idealmente deveriam ser utilizados elementos de análise de tamanho inferior aos que foram aplicados, para obtenção de resultados mais fiáveis. Em seguida, seria necessário um planeamento para a impressão das peças, tendo em conta os sítios onde haveria material de suporte, e para tornar as peças o mais rentáveis possível. Por fim, seria a fase de prototipagem, onde também poderiam ser feitos os testes normalizados para quadros de bicicleta, e assim proceder aos melhoramentos necessários até obter um produto otimizado. No caso de se atingir este objetivo, a produção de um quadro de bicicleta adaptado a cada utilizador, proporcionaria um novo canal de vendas que não existe atualmente na empresa.

6 Referências bibliográficas

Citações e fontes segundo a norma NP 405 portuguesa.

Documentos eletrónicos

AEP; GUIMARÃES, Henrique - **AEPortugal** [Em linha], atual. 2006. Disponível em WWW:<URL:<http://www.aeportugal.pt/Inicio.asp?Pagina=/Areas/Qualidade/FerramentasQualidadeQuality&Menu=MenuQualidade>>.

ALTAIR - solidThinking: Solutions for Students and Educators. Troy, Michigan. 2017).

ANARDINO, Fabio - **Análise de modo e efeito de falha | Fabio Anardino | Pulse | LinkedIn** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 30 jun. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://pt.linkedin.com/pulse/análise-de-modo-e-efeito-falha-fabio-anardino>>.

ASHELFORD, Jon - **Bikeradar - DMR Viral chain guide review** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://cdn.mos.bikeradar.imdserve.com/images/bikes-and-gear/components/chain-guide/1323356087422-1fryia7zk7m52-945-80.jpg>>.

BASILIERE, Marc - **Empire and Renishaw build first 3D-printed MTB** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://singletrackworld.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/02/Empire-Renishaw-seat-mast-sequence-375x500.jpg>>.

BASTION CYCLES - **Road Bike - Bastion** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 25 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://bastion-cycles.com/product/road-bike/>>.

BROWN, Sheldon - **A Comfortable Bicycle Saddle** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 20 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.sheldonbrown.com/saddles.html>>.

CAETANO, Luís - **Fatores determinantes para a utilização da bicicleta enquanto meio de transporte quotidiano em Portugal – Way2Go** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.w2g.pt/2015/03/determinantes-utilizacao-bicicleta-320/>>.

CALIARI, Gianluca; GODI, Alessandro - **How to Fit SMP Saddles** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.albabici.com/selle/tech-info/15-fit-images/fine-adj-rd-test-p11-a.gif>>.

CANYON - **Canyon | ULTIMATE | Ultimate CF SL 9.0 11-32** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 25 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.canyon.com/pt/road/ultimate/ultimate-cf-sl-9-0.html>>.

CICLOVIA - **Site das Ciclovias, Ecovias e Ecopistas em Portugal** - [Em linha], atual. 2017. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.ciclovias.pt/index.html>>.

COLORFABB - **ColorFabb - XT-CF20** [Em linha] [Consult. 23 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://colorfabb.com/xt-cf20>>.

CRC - **Seatposts | Chain Reaction Cycles** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 17 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.chainreactioncycles.com/us/en/seatposts>>.

CYCLEEXIF - **ALEX SINGER RANDONNEUR** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://7169-presscdn-0-61.pagely.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2011/05/alex-singer-randonneur-1.jpg>>.

DESIGNIT - **Empowering designers through 3D printing | Designit** [Em linha] [Consult. 24 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://designit.com/happening/news/empowering-designers-through-3d-printing>>.

DIRTYMIKE - **Ridemonkey -.Making my big bike more FR friendly** [Em linha], atual. 2008. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://oi30.photobucket.com/albums/c342/Phatbikeguy/RidemonkeyPics/100_0276.jpg>.

DREYFUSS, Henry - **Ergonomie - A medida humana fatores de design** [Em linha], atual. 1966. [Consult. 25 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAg9HAAG/ergonomie-henry-dreyfus>>.

DUQUE, Carlos - **Adventures removing a stripped allen bolt** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://bike.duque.net/assets/galleries/74/crapystemscrews.png>>.

ERIKSSON, Martin - **Using The Kano Model To Prioritize Product Development** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 25 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://cdn02.mindtheproduct.com/wp-content/uploads/2013/06/kano-model-2.jpg>>.

FERREIRA, João Pimentel - **O custo de manter um automóvel em Portugal** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://veritas283.rssing.com/browser.php?indx=10855374&item=119>>

FERREIRA, Lurdes - **Vendas de bicicletas em Portugal dispararam 30% num ano - PÚBLICO** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.publico.pt/2015/08/08/economia/noticia/mercado-nacional-de-bicicletas-disparou-30-em-um-ano-1704383>>.

FIFA - **Road bike - SOLIDWORKS - 3D CAD model - GrabCAD** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 7 jun. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://grabcad.com/library/road-bike>>.

GOMES, Gonçalo - **o compromisso – COMPROMISSO PELA BICICLETA** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://compromissopelabicicleta.web.ua.pt/index.php/compromisso/>>.

GPS, BTT - **Mudanças das bicicletas, como funcionam**, atual. 2016.

GRYNOL, Benjamin - **The effects of 3D printing Headline ii Disruptive manufacturing The effects of 3D printing** [Em linha] [Consult. 24 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/insights-and-issues/ca-en-insights-issues-disruptive-manufacturing.pdf>>.

HEINE, Jan - **The golden age of handbuilt bicycles**. [S.l.] : Vintage Bicycle Press, 2009. ISBN 0847830942.

HIVE, The - **Chainline explained** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://d17kynu4zpq5hy.cloudfront.net/igi/thehive/F5JJ3gTjpLR1JNjW.medium>>.

HUANG, James - **3T Doric Team seatpost review - BikeRadar** [Em linha], atual. 2009. [Consult. 27 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.bikeradar.com/gear/category/components/seat-post-seat-pin/product/review-3ttt-doric-team-seatpost-33782/>>.

LANDRY, Marc - **Ambiente em prova downhill** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.ridingfeelsgood.com/wp-content/uploads/2013/03/ESC-Pro-GRT-Plattekill-5240.jpg>>.

LAWS, Tom - **Blackspire Mono Veloce Chainring and Bruiser Guard**, atual. 2016.

LEDDIN, Addam - **Alex Singer Randonneur | Ciclo EXIF** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 20 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.cycleexif.com/alex-singer-randonneur>>.

LEDDIN, Addam - **René Herse | Ciclo EXIF** [Em linha], atual. 2011. [Consult. 20 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.cycleexif.com/rene-herse>>.

LEVY, Mike - **MRP SXg Chain Guide - Review**, atual. 2015.

LOVERS, Aveiro - **Aveiro - Bugas - Bicicleta de Utilização Gratuita** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 16 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.aveirolovers.pt/bicicleta-aveiro/>>.

MALTA, Deyvis - **myBikes: MUDE** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.pedalconsumption.com/wp-content/uploads/2013/11/mybikes-mude-48-17-1-large.jpg>>.

MANU, Vinicius - **MATRIZ MORFOLÓGICA | Processo Criativo** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 15 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.processocriativo.com/matriz-morfologica/>>.

MARTI, Ferran - **Ambiente em prova de Enduro** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://4.bp.blogspot.com/-nxexoSoWtGpQ/VWWwpA9jG_I/AAAAAAAAAEI/NIJIJHO5v0w/s1600/foto2.jpg>.

MATWEB - **Titanium Ti-6Al-4V ELI (Grade 23), Annealed** [Em linha] [Consult. 23 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?MatGUID=c4297fb8f1094da189732c224e3be1ed>>.

MCDOWELL, Dean - **Seatposts buying guide - Chain Reaction Cycles** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 16 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://hub.chainreactioncycles.com/buying-guides/components/seatposts-buying-guide/>>.

MCGLINCHEY, Chris - **E Thirteen XCX+ Chain Guide - 32-42t** [Em linha], atual. 2014. Disponível em WWW:<URL:<http://www.chainreactioncycles.com/pt/pt/e-thirteen-xcx-chain-guide-32-42t/rp-prod87855>>.

MIRANDA, João - **Clickpost - Red Dot 21** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 13 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://red-dot-21.com/design/clickpost/#>>.

MIRANDA, João - **Clickpost® - Miranda Bike Parts** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 16 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://www.mirandabikeparts.com/products/details/clickpost_191>.

MOUNTAIN RACING PRODUCTS - **Chainguide Overview — MRP** [Em linha], atual. 2015. Disponível em WWW:<URL:<http://www.mrbike.com/drivetrainoverview/>>.

MUÑOZ, Iban - **Mundo Prototipo - 10 maquinas nuevas de Stratasys** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://1.bp.blogspot.com/-FuClqRHUABg/VHom997t3MI/AAAAAAAAAAgA/IPDnFV46VXE/s1600/Objet30%2BPrime_Left_part_MQ.jpg>.

NICHOLAS, Van - **MTB Header Revelstoke** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:[https://www.vannicholas.com/files/9/9/2/3/Van Nicholas MTB Header Revelstoke 016_135.jpg?height=860&width=1600&mode=crop](https://www.vannicholas.com/files/9/9/2/3/Van%20Nicholas%20MTB%20Header%20Revelstoke%20016_135.jpg?height=860&width=1600&mode=crop)>.

OG3DPRINTING - **3D Printing — Obsessively Geek** [Em linha], atual. 2017. [Consult. 23 jun. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://og3dprinting.com/3d-printing/>>.

OGUM777 - **um quadro confortável | as bicicletas** [Em linha], atual. 2010. [Consult. 10 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://asbicicletas.wordpress.com/2010/08/09/um-quadro-confortavel/>>.

ONEUP COMPONENTS - **Chain Guide - ISCG05**, atual. 2015.

PHAM, Qwan - **Blackspire Stinger E Chain Guide** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://ep1.pinkbike.org/p5pb7648767/p5pb7648767.jpg>>.

REDWOOD, Ben - **Selecting the right 3D Printing material | 3D Hubs** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 9 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/selecting-right-3d-printing-material>>.

RENISHAW - **First metal 3D printed bicycle frame manufactured by Renishaw for Empire Cycles** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 23 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.renishaw.com/en/first-metal-3d-printed-bicycle-frame-manufactured-by-renishaw-for-empire-cycles--24154>>.

SANTANA, Maria - **O “alfaiate de bicicletas” de Ílhavo já tem encomendas do estrangeiro - PÚBLICO** [Em linha], atual. 2012. [Consult. 20 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.publico.pt/2012/09/23/local/noticia/o-alfaiate-de-bicicletas-de-ilhavo-ja-tem-encomendas-do-estrangeiro-1564233>>.

SCHURMANN, Stephan - **XT-CF20 bike project release - Learn ColorFabb** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 23 fev. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://learn.colorfabb.com/xt-cf20-bike-project-release/>>.

SCHÜRMANN, Stephan - **XT-CF20 Bike 3D printed bicycle - SOLIDWORKS,STEP / IGES,STL - 3D CAD model - GrabCAD** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 7 jun. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://grabcad.com/library/xt-cf20-bike-3d-printed-bicycle-1>>.

SMP, Selle - Designed on your body Pro. 2014).

SUAREZ, Gregório - **David A. Garvin e as Novas Dimensões da Qualidade por Gregório Suarez – Parte 2 | Quality Way** [Em linha], atual. 2015. [Consult. 10 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<https://qualityway.wordpress.com/2015/08/18/david-a-garvin-e-as-oito-dimensoes-da-qualidade-por-gregorio-suarez-parte-2/>>.

TAHARA, Sayuri; AMIGO, Carolina - **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)** [Em linha], atual. 2012. Disponível em WWW:<URL:<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/FMEA-Failure-Mode-and-Effect-Analysis>>.

WATERMAN, Andy - **World's First 3D Printed Bike** [Em linha], atual. 2014. [Consult. 24 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:<http://dolekop.com/icon/2014/3dtisk-fb.jpg>>.

YOUNG, Paul - **Buying the right size bike, Cycle Experience** [Em linha] [Consult. 19 mai. 2017]. Disponível em WWW:<URL:https://www.cycleexperience.com/getting_the_right_size.php>.

ZINN, Lennard - **From the pages of Velo: Getting the most from your post | Page 3 of 5 | VeloNews.com** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 17 mar. 2017]. Disponível em WWW:<URL:http://www.velonews.com/2012/12/training-center/technology/from-the-pages-of-velo-getting-the-most-from-your-post_267560/3>.

Publicações

BALLANTINE, Richard - **Richard's 21st Century Bicycle Book**. London : Pan Books, 2000. ISBN 0 330 37717 5.

COVILL, Derek *et al.* - **Parametric Finite Element Analysis of Bicycle Frame Geometries. Procedia Engineering**. . ISSN 18777058. 72:2014) 441–446. doi: 10.1016/j.proeng.2014.06.077.

EPPINGER, Steven; ULRICH, Karl -**Product Design and Development** [Em linha]. [S.l.] : McGraw-Hill, 2012. ISBN 0071086951.

Anexos

1 - QFD - Projeto do guia de corrente

	IMP	Decibéis	Vibração da corrente	Tempo de montagem	Número de peças	Coefficiente de atrito	Desvio do alinhamento	Peso	Resistência da proteção para deslizamento	tempo de lavagem	Resistência aos lubrificantes	Qualidade dos parafusos de montagem	Preço final	Avaliação estratégica	Concorrência	IDI
Silencioso	10	9	9			3	3							1	1	10
Diminui a vibração da corrente	2		9			9	3							2	1	2,8
Facilidade de instalação	6			9	9		3	1	1	3	1	9		0,5	1	4,2
Ausência de atrito significativo	8	9	9			9	3				1			2	1	11,3
Alinhamento correto e facilidade no alinhamento	4	3	3	9	9	1	9							2	1	5,7
Leve	11				9			9	3				9	1	0,5	7,8
Proteção para deslizamento (Taco)	9			3	3			9	9	1	1	3	9	1	0,5	6,4
Facilidade na lavagem / não acumulação de detritos	3				3	1		3		9			1	1	1	3
Não degrada sob lubrificantes	1					1					9		9	2	2	2
Qualidade do material de montagem	5	1		9			1	3		3	1	9	3	0,5	2	5
Económico	7				9			9	9	1	9	9	9	1	2	9,9
Iqj		2,1	2,3	1,5	2,8	1,7	1,4	2,4	1,7	0,7	1,3	1,9	2,5			
A. Competitiva		1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5			
dificuldade de atuação		1	1,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1	1	1	1,5	0,5	1			
Iqj*		2,1	2,9	1,1	2,0	2,1	1,7	1,7	1,2	0,7	2,0	1,7	3,1			

2 - FMEA, Análise do Tipo e Efeito de Falha - Projeto guia de corrente

Item	Função	Modo de falha	Efeito	Causas	Controle		Termos críticos da falha	Ação recomendada
Guia Superior	Manter a corrente alinhada	O guia superior se metálico, cria ruído com o contacto com a corrente	Ruído incomodativo	Material inadequado para o guia	Especificações de engenharia	Teste funcional	Maior	alteração do material para um que produza menor ou nenhum ruído
		Desgaste precoce da peça	Quebra do equipamento	<i>Design</i> inadequado \ paredes finas e maus encaixes	Design for manufacturing	Teste funcional	Menor	Redesign, tornando a peça mais robusta
				Material pouco resistente	Especificações de engenharia	Durabilidade geral de um produto	Maior	alteração do material para um que seja mais resistente á abrasão
Placa de encaixe	Prender os componentes ao quadro da bicicleta	Peso fora da média pretendida	Demasiado pesado	Material muito denso	Especificações de engenharia	Comparação com a concorrência	Menor	alteração do material para um que seja mais leve
				<i>Design</i> inadequado	Design for manufacturing	Teste funcional	Menor	Redesign, tornando a peça menos pesada
		Empeno da parte superior	Sair \ prender a corrente	<i>Design</i> inadequado	Especificações de engenharia	Teste funcional	Crítico	Redesign da estrutura de reforço
Taco	Proteger a corrente e a roda dentada	O taco metálico transfere demasiada energia para o quadro, danificando-o	Danificação do quadro	O material não amortecce o impacto suficientemente	Especificações de engenharia	Teste funcional	Crítico	Alteração do material

3 - Tabela de análise do modo e efeito de falha – Projeto do redesign do poste de selim

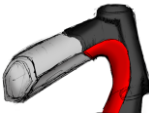


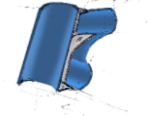


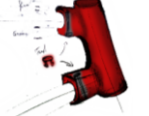
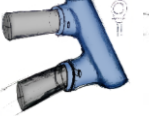
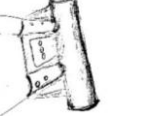
Item	Função	Modo de falha	Efeito	Causas	Controle	Termos críticos da falha	Ação recomendada
Tubo do poste de selim	Suportar o peso do utilizador	Não suporta	Dobrar / partir	Material inadequado	Especificações de engenharia	Menor	
				Espessura do tubo	Especificações de engenharia	Menor	
	Absorver vibração	Absorção insuficiente de vibrações	Desconforto	Falta de elemento especializado para absorver vibrações		Maior	Inclusão de um elemento amortecedor
Base de aperto	Ligar o tubo do poste de selim ao resto do sistema de montagem do mesmo	Desencaixe do tubo	Rotação lateral indesejada do selim	Encaixe entre base de aperto e tubo, incorreto	Teste Funcional	Menor	
		Não cria atrito suficiente com a agarra inferior	Inclinação indesejada do selim	Superfície irregular insuficiente	Teste Funcional	Menor	
	Inclinar o selim	Não inclinar o suficiente	Desconforto	Método de inclinação muito limitado “microadjust”	Teste Funcional	Maior	Aplicação de um método mais livre
Agarra inferior	Apoiar os guias do selim	Não suportar o peso do	Partir	Material inadequado	Especificações de engenharia	Menor	

		utilizador		Design inadequado	Teste Funcional	Menor	
		Deslocação indesejada do selim	Desconforto	Não possui área de apoio suficiente	Teste Funcional	Crítico	Aumento da área de apoio
Agarra superior	Trancar os guias do selim	Deslocação indesejada do selim	Desconforto	Design inadequado	Teste funcional	Menor	
	Criar pressão entre o elemento superior e o inferior	Não suportar o peso do utilizador	Partir	Escolha do elemento de conexão	Especificações de engenharia	Teste funcional	Menor
		Desapertar/ganhar folga	Folga indesejada	Elemento de aperto pouco eficiente	Especificações de engenharia	Teste funcional	Maior
	Ajustar selim	Demasiado tempo para ajuste	Desconforto	Design inadequado	Teste Funcional	Maior	Redesign do sistema de encaixe do selim
	Encaixar selim	Demasiado complicado	Frustração	Falta de guiamento nas peças	Teste Funcional	Maior	Simplificação do encaixe

4 - QFD – Projeto do quadro de bicicleta

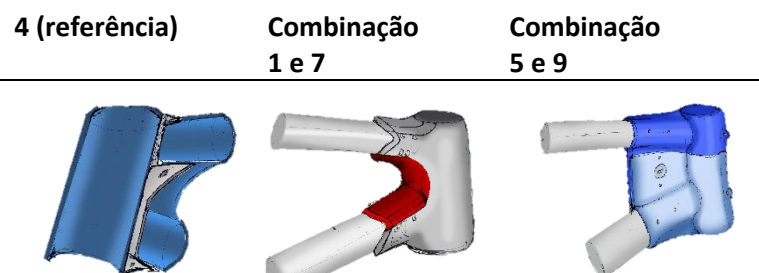
		Desempenho					Dimensionamento				Aspectos técnicos								EI= avaliação estratégica	MI= avaliação concorrência	IDI=Índice de Priorização Revista
		Torção do quadro *	Tempo de vida	Absorção de choque	Resistência a condições meteorológicas	Preço do equipamento de montagem	Dados antropométricos	Peso	Volume de transporte	Larguras de via possíveis	Tempo de montagem	Nº de ferramentas para instalar o produto	Nº de combinações possíveis	Adaptado a acessórios standard	Preço Final	Nº de cores disponíveis	Tempo de produção	Características personalizáveis			
		-	+	+	+	+	=	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+			
Confortável	O	16	9		9		9	1					3		1				1,00	1,50	19,60
Postura correta	O	15		1			9						1	1					1,00	1,00	15,00
Qualidade do equipamento de montagem	O	14	3	9		9		3			3				3				1,50	0,50	12,12
Leve	U	13	3	1	3		1		9	1					1		3		0,50	1,00	9,19
Substituição de componentes	U	12				1	1				9	9	3	9	1		1		1,50	1,00	14,70
Fácil utilizar	U	11	3		3		3	3			9	9	3	1					1,50	1,50	16,50
Compatibilidade com outros componentes	U	10	3	1					1	9	3	3	9	9	1				1,00	1,00	10,00
Preço justificável	U	9	9	3	3	3	9	9							9	3	9	3	1,50	0,50	7,79
Resistente	U	8	9	3	9	3		3							3		9		0,50	1,00	5,66
Durável	A	7	3	9	3	9	9	3					1	3	9		3		0,50	1,50	6,06
Tempo de vida	A	6	3	9	9	9	9	1		3			3	9	3			3	1,00	1,00	6,00
Compatibilidade entre espessuras de rodas	A	5		1						9	3	1	3	9					1,00	1,00	5,00
Volume de transporte reduzido	A	4	1						9			3							1,00	1,00	4,00
Personalizável	A	3						1							1	9		9	1,50	0,50	2,60
Adequado ao meio de utilização	I	2	3		3	9	9	9	1		1	1	3	9	1	1		1	1,50	1,00	2,45
Esteticamente apelativa	I	1	1				1	1							1	9		1	1,00	1,50	1,22
IQj		4,8	2,8	4,1	1,5	3,3	3,7	3,1	0,6	1,5	3,6	3,3	3,0	3,7	2,5	0,5	1,8	0,6			
Concorrência		1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0			
Dificuldade de atuação		1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5			
IQ*		5,9	2,8	5,1	1,5	2,8	4,5	3,8	0,6	1,5	4,4	2,8	3,0	4,5	3,1	0,5	1,3	0,8			

5 - Concept screening – Projeto do quadro de bicicleta

	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3	Conceito 4	Conceito 5	Conceito 6	Conceito 7 (ref)	Conceito 8	Conceito 9
Necessidades									
Confortável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Postura correta	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qualidade do equipamento de montagem	-	-	-	+	-	+	0	0	+
Leve	+	-	-	-	0	0	0	0	-
Substituição de componentes	-	+	-	+	+	0	0	0	0
Fácil utilizar	0	0	0	0	0	-	0	0	-
Compatibilidade entre componentes	-	0	0	0	0	-	0	-	0
Preço justificável	+	-	-	-	0	-	0	0	-
Resistente	0	+	+	+	-	0	0	0	+
Durável	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tempo de vida	0	0	0	+	0	0	0	0	+
Compatibilidade espessuras de Rodas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume de transporte economizado	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Personalizável	+	0	+	0	+	-	0	0	0
Adequado á tec. de produção	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adequado ao meio de utilização	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Esteticamente apelativa	+	-	+	0	0	+	0	0	0
Soma +	4	2	3	4	3	2	0	0	3
Soma 0	9	10	9	10	11	10	16	15	10
Soma -	3	4	4	2	2	4	0	1	3
Total	1	-2	-1	2	1	-2	0	-1	0
Ranking	2	5	4	1	2	5	3	4	3
Continua	Combinar	Não	Não	Sim	Combinar	Não	Combinar	Não	Combinar
Pontos Fortes	Leveza e Simplicidade				Modularidade		Eficácia		Robustez

6 - Concept scoring – Projeto do quadro de bicicleta



		4 (referência)		Combinação 1 e 7		Combinação 5 e 9	
Necessidades	Pesos	Pontuação	Peso	Pontuação	Peso	Pontuação	Peso
Confortável	14%	3,00	0,43	3	0,43	3	0,43
Postura correta	11%	3,00	0,33	3	0,33	3	0,33
Qualidade do equipamento de montagem	9%	3,00	0,26	4	0,35	4	0,35
Leve	7%	3,00	0,20	5	0,33	3	0,20
Substituição de componentes	11%	3,00	0,32	3	0,32	4	0,43
Fácil utilizar	12%	3,00	0,36	4	0,48	2	0,24
Compatibilidade com outros componentes	7%	3,00	0,22	3	0,22	3	0,22
Preço justificável	6%	3,00	0,17	4	0,23	3	0,17
Resistente	4%	3,00	0,12	2	0,08	4	0,16
Durável	4%	3,00	0,13	2	0,09	4	0,18
Tempo de vida	4%	3,00	0,13	2	0,09	4	0,17
Compatibilidade espessurarodas	4%	3,00	0,11	3	0,11	3	0,11
Volume de transporte reduzido	3%	3,00	0,09	4	0,12	4	0,12
Personalizável	2%	3,00	0,06	3	0,06	3	0,06
Adequado ao meio de utilização	2%	3,00	0,05	4	0,07	3	0,05
Esteticamente apelativa	1%	3,00	0,03	5	0,04	2	0,02
Total		3,00		3,33		3,22	
Ordem		3		1		2	
Continua?		Não		Desenvolver		Não	

7 - Tabela de componentes sugeridos para montagem no quadro

	<i>ID</i>	<i>Marca/Modelo</i>	<i>Preço</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Notas</i>
<i>Guiador</i>		DEDA Zero	15,49 €	1	D - 31,8mm / L - 44 cm
	<i>Avanço</i>	FSA Omega 6º	15,49 €	1	L - 80mm / D1 - 1"1/8 / D2 - 31,8mm
<i>Headset</i>		Ritchey Comp V2	21,60 €	1	H - 30,2mm
<i>Forqueta</i>		Cube Crossrace	61,91 €	1	700C / encaixe para travões / 100mm drop
<i>Mudanças</i>		Microshift	61,57 €	1	Groupset 2x9
<i>Crankset</i>		Shimano Sora	66,99 €	1	2x9 , 50 - 34T
<i>BB</i>		Hollowteck II	11,27 €	1	W - 68mm / BC - 1,37
<i>Cassete</i>		Shimano Sora CS HG 400 - 9	17,49 €	1	9 Velocidades / 12 x 23T
<i>Desviador Frontal</i>		Shimano Sora FD-3500	18,49 €	1	34,9mm / 31,8mm
<i>Desviador Traseiro</i>		Shimano Sora RD-R3000 SS	21,57 €	1	2x9
<i>Travões</i>		Miche Performance	28,49 €	1	Par
<i>Cabos</i>		Shimano	1,96 €	1	1,2mm x 2100mm
<i>Rodas</i>		Taok 700C	61,02 €	1	Par / OD frente - 100mm / OD trás - 130mm 700C 18 - 32C / D - 635mm
<i>Pneus</i>		Panaracer Catalyst Sport	10,49 €	2	700x23C
<i>Câmaras de ar</i>		Vittoria Lite	2,99 €	2	700x18/23C / Presta 48mm
<i>Corrente</i>		Shimano Sora 9V HG53	12,49 €	1	Nº de elos 116
<i>Espigão</i>		FSA Grossamer	20,90 €	1	20mm de recuo
<i>Selim</i>		Selle Italia Q-BIK Flow	14,49 €	1	Comp - 272mm / L - 140mm / D - 7mm
<i>Abraçadeira</i>		Cube Seat Clamp	4,03 €	1	Quickrelease
<i>Pedal</i>		B"twin BTT500	9,99 €	1	Par
<i>Encaixe de pés</i>		B"twin Encaixe desportivo	3 €	1	Par
<i>Eixos</i>		GUB 2016	5,36 €	1	Par / Quickrelease / 112 - 145mm
TOTAL			500,56 €		